

工作流过程建模理论综述

Overview of Workflow Modeling Theory

蒋国银 董利红 (湖北经济学院经济信息系 武汉 430205)

摘要: workflow 管理系统实施是提高企业核心竞争力的有力措施,而工作流过程模型是 workflow 系统的关键部件,对企业业务过程重组具有重要意义。对近年来国内外学者关于工作流过程建模方面的研究进行综述,分析优缺点,对存在的问题,出解决问题思路和发展动向。

关键词: workflow 管理系统 业务过程重组 过程建模

1 引言

工作流 (workflow) 技术的发展可以追溯到多个起源,如计算机辅助协同工作 (Computer Support Cooperative Work, CSCW)、办公自动化、文档管理以及数据库技术^[1]。目的是通过将工作流分解定义成良好的任务角色,按照一定的规则和过程来执行这些任务,并对这些它们进行监控,以达到提高办事效率、完善客户关系服务、灵活变更活动进程、提高经营管理水平和企业竞争力。

作为支持企业经营过程重组 (business process re-engineering, BPR)、经营过程自动化 (business process automation, BPA) 的一种手段,工作流产品的应用范围不断扩张,种类也不断增加。1993 年工作流管理联盟 (Workflow Management Coalition, WfMC) 的成立标志着工作流技术开始进入相对成熟的阶段。为了实现不同工作流产品之间的互操作,WfMC 工作流管理系统的相关术语、体系结构及应用编程接口 (WAPI) 等方面制定了一系列标准,在这些规范和标准的基础上,各种工作流产品纷纭而至。

2 工作流模型的研究现状

2.1 工作流参考模型

工作流就是自动运作的业务过程的部分或整体,表现为参与者对文件、信息或任务按照规程采取行动,并令其在参与者之间传递^[3]。工作流模型是对工作流业务活动的抽象描述,也就是对经营过程的抽象描述,它包含描述一个能够由工作流执行服务软件系统执行

的过程所需要的所有信息^[2]。工作流建模工作作为 workflow 管理系统的核心所在,反映了需要描述的经营过程的计算机可处理的形式化定义,便于对复杂业务流程的清晰化认识和理解,也有助于对流程的深入剖析和分解。WFMC 提出了工作流的参考模型及相关标准,如图 1 所示,在文^[3]中对图中的 5 个接口和组成部分给出了说明,在文^[4]给出了各接口详细定义说明的参考文献索引,过程的描述关系到整个工作流描述是否正确,因此,如何准确的描述过程模型很关键,文^[5]用过程描述语言对模型参考模型的各部分进行描述,而文^[6]则用 XML 方式进行过程定义。

2.2 工作流过程建模研究

工作流过程模型 (过程定义) 是整个 workflow 管理系统的基础,具有举足轻重的地位,其质量直接影响了整个 workflow 管理系统的应用范围和对变化的适应能力。研究工作流模型,事实上需要主要研究工作流过程模型。前面提到,WfMC 虽提出系统的参考模型和标准,但停留在技术实现层面上,对工作流模型语义重视不够、在工作流概念层次上缺乏统一规范、缺乏一种支持过程定义和过程分析的建模方法、以及缺乏工作流具体实现技术要求等。为此,不少的研究工作围绕建模工作进行,以 WfMC 的参考模型为基础,不断寻求合适的建模理论支持。

2.2.1 工作流过程建模的实质及标准

工作流过程模型包括一些离散的活动模型、相关的资源、信息和角色描述以及反映上述元素关系的管理规则。对活动及其路由的描述是工作流过程模型的

主要内容,因为过程最终都可以分解为原子活动、路由等节点。模型能否方便、全面的描述过程,并便于过程的分析优化,依赖于节点的类型和语义。节点语义的丰富性,将直接影响模型的表述能力。

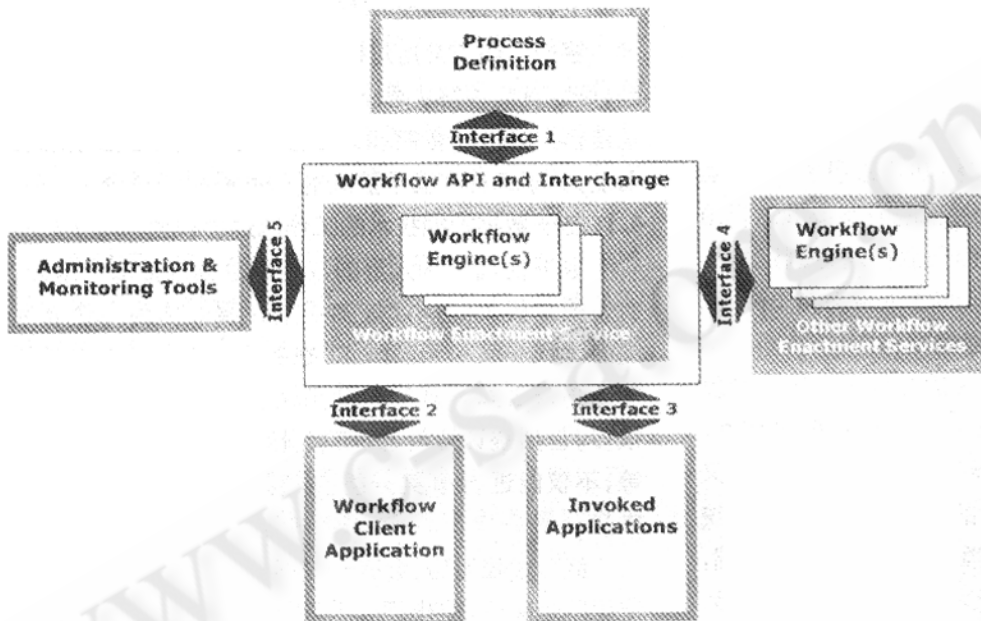


图 1 WfMC 提出的工作流参考模型^[3]

理想的工作流模型除了支持完整的工作流概念定义,为建模用户提供定义工作流所需要的组件或元素等主要特征外,还应易于理解、使用、方便修改、以及适应不断的变化环境;为便于工作流的描述和定义,工作流概念模型应该提供相应的图例表示,因此模型评价标准应该加入图形化要求;有些流程属于重复过程,被一个流程或多个流程嵌套使用,为了分析方便,模型应具备分层的特点;还有灵活性要求,即企业环境的变化,会导致业务流程的变动,这种情况下,要求模型能提供灵活的支持。归纳以上的模型评价标准,即为文献^[7]中提出的六点要求通常,即:①形式化要求。②图形化特征。③较完整的表达能力。④层次性。⑤便于工作流性能的分析 and 优化。⑥柔性。

2.2.2 工作流过程模型的建模工具

工作流建模理论基础的研究不是很成熟,目前,还没有统一的建模方法标准。从现有的研究工作来看,主要有流程图、状态图、活动网络图、IDEF 系列、ECAA (事件-条件-动作规则)、事件驱动的过程链模型、

Petri 网等建模方法,其中,基于活动网络图和 petri 网理论的建模方法应用最广。这些方法各有特点和差异,分述如下:

(1) 基于流程图的建模方法。与计算机程序流程图

图图示标准和使用方法基本相同,有顺序、选择和循环三种结构,该方法描述过程比较直观,容易理解,并容易用计算机实现尤其是功能型过程;没有抽象机制,不具备形式化描述功能;描述动态过程的能力欠缺。

(2) 基于状态图。用流程的状态反映工作流的运行情况,通常有四种状态,即就绪、运行、阻塞和挂起,和流程图建模方法相似,其过程直观、易懂,能反映过程节点的时序关系、依赖关系,以及状态的变迁过程;缺乏形式描述能力。

(3) 活动网络图。和流程图、状态图一样,其显著特点为直观、简易,典型的工作流产品是 IBM 公司 20 世纪 90 年代中期推出的 FlowMark。活动网络图中,一个完整的经营过程用一个无自环的有向图描述,该有向图中用节点和有向弧段表示,其中,节点元素表示过程执行的步骤或任务,节点间的连接弧代表了过程中的控制流和数据流。组成模型的元素包括过程、活动、模块、控制连接弧、数据连接弧和条件。为了描述模型,引入二元组来定义模型,其具体定义说明参阅文献^[8]。

(4) IDEF 系列。IDEF 系列方法用于企业建模和过程建模。它包括一系列的建模方法,如功能建模方法 (IDEF0)、信息建模方法 (IDEF1/IDEF1X)、动态行为建模方法 (IDEF2)、过程建模方法 (IDEF3)、面向对象建模方法 (IDEF4) 等^[2]。该系列是面向职能型的过程建模,在严密的支持下其理解性尚可,计算机化的能力也可以,但非动态建模。

(5) ECAA 规则。间过程模型表述为一个规则的

集合,规则的逻辑是当事件发生时,如果条件为真,则执行某个活动,否则执行另外一个活动;它的缺点在于过分抽象,表述不够严密。

(6) 事件驱动的过程链。该模型简称为 EPC (Event - Process Chain) 模型。它主要被用于企业的经营过程重组 (BPR)、工作流的定义与控制、软件的配置与开发、基于活动的成本 (ABC) 分析以及符合 ISO 900X 认证标准的质量文档的规范。EPC 是由 Keller 提出。EPC 的主要元素就是功能和事件:功能被事件触发,功能也能产生相应的事件。经营过程的控制流就这样由交替出现的功能和事件彼此连接而构成,控制流的分支选择、汇合连接以及并发进行则通过逻辑操作符(比如与、或、异或)或者更复杂的表达式来完成^[2]。

(7) Petri 网。Petri 网是一种适合于描述异步并发现象的计算机系统模型,起源于德国 Carl Adam Petri 1962 年的博士论文。Petri 网既有严格的形式定义,又有直观的图形表示,既有丰富的系统描述手段和系统行为分析技术,又为计算机科学提供坚实的概念基础,是一种适用于多种系统的图形化、数学化建模工具,为描述并行、异步、分布式和随机性等特性的复杂系统提供了强有力的手段。Petri 网一般用如下六元组表示, Σ , 其中: Σ 为有向网,称为 Σ 的基网,依次为基网上的容量函数、权函数和初始标识,如果 $K=1, W=1$, 则该网系统为基本网系统 (EN 系统), 符合一定条件的 EN 系统,称为条件/事件系统 (C/E 系统), 而当 K, W 为任意函数,这时系统称为库所/变迁 (P/T 系统)。工作流模型执行的资源需求,表现为 Petri 网变迁发生的点火条件在整个系统中的分布,以及变迁规律。

3 工作流建模技术存在的问题

在上述谈到了几种常见的单一理论建模方法,基本上是用活动及其关系来描述工作流过程的,对活动的资源(可以是人或其他的实体,如自动触发活动、外部工作机等)及其关系描述不够,进而导致工作流系统对异常处理的表述和处理能力不够;模型的刚性较强,但柔性不够,大多数单一建模理论对工作流环境变化的考虑不够,当环境发生改变(增加请求和服务、经营流程变动等),工作流过程模型不易做出相应的变动;描述能力不足,体现在对于复杂的工作流的描述场合,过程建模过程冗长,导致实现困难。

总之,工作流联盟提供了参考模型和接口规范静态构架,如何丰富内容,充实能力,有赖于过程建模理论的支持。

4 工作流建模技术展望

鉴于工作流常用建模方法的局限性以及存在的问题,可以有几种解决思路,第一种为基于数据挖掘技术的建模方法。集智能和人工接口于一体,增强动态交互能力;第二种为基于扩展的 Petri 网建模理论。

4.1 基于数据挖掘技术的工作流过程模型

数据挖掘是从大量的数据中挖掘或抽取未知、有价值的模式或规律等知识的过程。作为一个新兴的多学科交叉应用领域,正在各行各业的决策支持活动中扮演着越来越重要的角色。数据挖掘的技术有很多,包括统计分析、人工智能、神经网络、模式识别等,不仅能进行事实分析、求解问题,还可以预测未来。

经营过程重组,会有一些不确定因素的存在,业务流程的运转,可能出现一些不可预知的异常。对于这些问题,将很多可能的问题和解决方案置于知识库中,随着业务不断的进行,系统通过学习将经验知识保存于知识库中,可以很好的解决和减少工作流的异常现象。Mark Klein 等通过建立基于启发式和可重用的知识库的方法解决工作流的异常,辅助管理者进行异常的维护和修复。

工作流过程建模的刚性等不足导致目前的工作流管理系统在实际应用中缺乏自组织、自学习和协同工作的能力。由于 Agent 智能体具有高度的自主性、智能性、协作性、交互性、适应性等特点,所有可以用于提高工作流过程模型的灵活性和智能性,而多 Agent 技术能为工作流过程建模提供新的手段,如 N. R Jennings et al 提到用于改进决策环境的智能代理技术。

对于规模化的过程建模,引入专家系统,如神经网络,提取知识库中有用的知识,指导建模过程的自适应调整,利于在复杂的信息环境中,事先无法建模情况下的指导性建模工作。如 Sara Reese Hedberg 提出的内嵌专家系统 G2,是很好的智能建模思路的典范。

作为数据挖掘的技术之一——过程挖掘是最近研究的一个热点,也是一个很好的研究方向。它不是开始一个过程设计,而是通过集中已经发生的过程信息,这

些信息可能是一些信息系统,如 ERP、CRM、B2B、SCM 和 WFM 产生的,通过收集过程日志信息,并在这些过程日志基础上,分析和挖掘出潜在的、更优的活动路径,进而建立过程模型。

4.2 基于扩展 Petri 网的工作流过程建模

前面提到了, Petri 网作为一种系统分析工具,具有直观的图形表示和严格的属性描述,适合描述具有并发、异步、分布,和具有不确定性和随机成分的系统,而工作流也具有类似的特点,因此,也适合用 Petri 网来建模。

Petri 网在描述真实系统时往往过于复杂和工程较为庞大,为解决这类问题,一些作者对经典的 Petri 网模型进行了扩展,如基于“时间”、“颜色”和“层次”的高级 Petri 网,以提高模型对经营过程重组的描述能力。W. M. P. van der Aalst 等提出基于高级 Petri 网的框架结构,该结构用于建模和分析经营过程,并利用“what, how, by whom”的方法引导模型框架的应用。

在 petri 网基础上, W. M. P. van der Aalst 提出了工作流网(WF-net)的概念。将时间约束函数引入 WF-net,即为 TWF-net,杜柱柱通过分析 TWF-net 模型不足之处,讨论了基于时间 Petri 网工作流模型,并建立了扩展的时间 Petri 网工作流模型(XTWF-net),通过时间映射函数,可以动态反映不同时区的状态;通过构建规则,可将多个 TWF-net 合并为一个 XTWF-net,以描述并行流程中的时间约束。

为处理过程描述中的模糊信息描述问题,张鹏程中提出了模糊着色 Petri 网的描述方法,将模糊理论和托肯着色方法用于 Petri 网中,并定义映射函数,将模糊信息量化;文中还给出基于模糊着色 Petri 网的推理过程,并用一个简单业务流程来阐述模糊信息的处理。

Petri 网及扩展的 Petri 网可以分析系统特征,诸如同步、并发、冲突、资源共享和流程先后关系,以及系统死锁,然而,由于 Petri 网及扩展的 Petri 网缺乏模块化和重用性,对复杂和重复性工作较强的业务难以描述。由于面向对象的模块化、多态和重用性以及继承的特点,这种技术的出现,使 Petri 网的缺憾得到很大程度的改善,将面向对象技术用于 Petri 网,不仅可以提高模型的重用性,同时也增强了模型的交互性,大大减少了资

源的开销。

4.3 基于过程代数的建模方法

应该说 Petri 网和扩展的 Petri 网具有很好的描述能力,但对于描述复杂环境下的工作流,描述过程也相对复杂,因此研究在这种复杂环境下的良好适应性过程建模方法很有必要。从应用来看,基于过程代数的方法似乎适合于这种环境。过程代数有如下特点:①过程代数的等价理论能简化模型;②概念简单且描述能力强;③过程代数的合并理论可将简单工作流模型通过操作符组合成复杂模型。

和 Petri 网及扩展的 Petri 网方法相比,过程代数的方法便于模型分析和评价,利于模型重组;而在模型的适应性方面,过程代数的方程容易控制些;但对资源的分配和限制方面, Petri 网和扩展的 Petri 网做的更好些,也容易实现些。

5 结束语

围绕工作流系统建立的理论基础的研究工作层出不穷,尤其是工作流过程建模的探讨,本文给出了当前的研究现状和发展趋势。总体来看,根据具体的要求,使用成熟的理论集成,是当前解决工作流建模的可取方法。随着经营环境的变化,和工作流动态的要求,研究具有较强形式化和图形表示能力,能动态和自适应建模的理论在实际中亟待解决。

参考文献

- 1 史美林、杨光信、向勇等, WFMS: 工作流管理系统[J], 计算机学报, 1999; 22(3): 325-334.
- 2 范玉顺, 工作流管理技术基础[M], 北京 清华大学出版社, 2001.
- 3 David Hollingsworth. The Workflow Reference Model [R], Document Number WFMC-TC-1003, Document Status - Issue 1.1, 1995.
- 4 WFMC. Workflow Standards and Associated Documents [EB/OL]. http://www.wfmc.org/standards/docs/Std_diagram.pdf, /2003-11-14.
- 5 WFMC. Workflow Management Coalition, Interface 1: Process Definition, Interchange Process Model [R]. Document Number WFMC-TC-1016-P, Document Status - Version 1, 1999.