

一种提高系统柔性的 workflow 建模方法研究*

范玉顺, 吴澄

(清华大学 自动化系, 北京 100084)

E-mail: fan@cims.tsinghua.edu.cn; wuc@tsinghua.edu.cn

http://www.simflow.net

摘要: 针对目前 workflow 管理系统在描述能力和柔性上存在的严重不足, 提出了一种基于协调理论和反馈机制的 workflow 建模方法. 该方法扩展了传统活动网络模型, 提出了新的建模机制, 增加了请求、服务、协调、多实例化等新的建模元素. 详细给出了扩展建模元素的实现机制和应用场景, 同时还给出了两个模型实例. 研究表明, 与传统的活动网络模型相比, 该建模方法在提高模型描述能力、降低模型复杂性、提高系统柔性及适应性方面有明显优点, 对于设计开发高可靠性、柔性和适应性的 workflow 管理系统具有重要的应用价值.

关键词: workflow 模型; workflow 管理系统; 协调理论; 柔性; 企业经营过程重组

中图法分类号: TP311 文献标识码: A

近些年来, 在日趋激烈的市场竞争环境中, 采用先进的信息技术改造传统制造业成为许多企业赢得市场竞争的主要手段之一, 因而企业经营过程重组 (business process reengineering, 简称 BPR) 理论和方法日益受到重视, BPR 要求企业将传统的以职能为基础的组织机构和运作机制转变为以过程为中心的管理模式, 对企业的业务流程进行彻底的重新设计, 进而实现显著提高企业业务能力和经营效益的目标. 在这个大趋势下, 作为支持企业业务过程建模、过程优化及业务过程实现的 workflow 技术也受到了广泛的重视^[1].

workflow 模型是对业务过程的抽象表示. workflow 建模是 workflow 技术理论研究和实际应用的基础. 目前, 相对于 workflow 产品的实现技术和发展速度而言, workflow 建模理论的研究相对滞后, 在建模方法上, 还没有形成比较系统化的理论体系. 目前已有的建模方法主要基于活动网络^[2]、Petri 网^[3]、语言行为理论^[4]、活动与状态图^[5]以及扩展事务模型的建模方法^[6].

尽管 workflow 管理系统在可靠性和系统柔性上存在着不足, 但导致目前 workflow 模型描述能力不足和缺乏柔性的根本原因是描述机制没有反映实际应用情况, 具体表现在以下 4 个方面:

(1) 缺乏反馈与协调机制: 在目前的工作流模型中, 通常采用如下假设: 一个活动在完成之后, 其后续活动必须执行, 对应着协调策略中的层次关系. 这种关系是建立在前一个活动提交的命令是后续活动一定能够而且必须完成的指令性任务这样一种假设的基础上的, 前一个活动在完成任务提交后就结束了其执行使命. 这种机制无法描述复杂的具有市场和对等伙伴协调策略的活动逻辑.

(2) 算盘型活动: 在过程实例的一次执行过程中, 每个活动的一次触发只能完成一个活动实例的执行, 不允许多个实例同时执行. 这样的逻辑就难以实现诸如根据临时确定投票人来表决某个决议这样的过程.

(3) 傻瓜型逻辑: 一个活动在其完成后, 根据其完成的结果, 后续活动的执行逻辑, 包括执行的活动个数必须首先定义好.

* 收稿日期: 2000-06-14; 修改日期: 2000-10-16

基金项目: 国家 863 高科技发展计划资助项目 (863-511-944-002)

作者简介: 范玉顺 (1962 -), 男, 江苏扬州人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为 workflow 技术, 企业建模, 集成平台, Petri 网, 车间管理与控制技术; 吴澄 (1940 -), 男, 浙江桐乡人, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士, 主要研究领域为复杂生产系统的调度与可靠性, 供应链建模, 系统集成.

(4) 可重用性差:每个活动的启动条件在建模或者实例化阶段必须给定,在过程实例的执行过程中不允许动态设定启动与选择条件.因此,即使是非常类似的过程,如果活动的执行条件略有变化,也必须重新建立过程模型.

本文在协调理论和反馈控制思想指导下,通过引入反馈机制、市场机制、协调机制,提出了一种可以显著提高工作流模型描述能力和系统执行柔性的建模方法.在普通的活动网络模型的基础上,增加了请求节点、服务节点、协调节点、条件设定弧等新的模型组成元素,并详细介绍了模型构建方法,最后给出了一个项目招标过程模型实例.

1 基于协调理论的建模机制

协调理论是 MIT(Massachusetts Institute of Technology)协调科学中心的 Malone^[7]提出的一种管理一组协同工作的活动及其相关性的科学.协同过程的组成元素包括共同的目标、完成目标需要执行的活动、活动的执行者以及活动之间的相关性.协同理论的主要研究内容是如何管理活动之间的相关性.在此基础上,Malone 等人提出了 4 种协调策略:

(1) 层次(上下级):协调活动的参加者中有一个知道如何管理活动之间的相关性,并且具有权威性,能够使他人接受其提出的解决方法;

(2) 市场:协调活动的参加者中有一个将解决方法公布给其他参与者,如果大家同意,就采用这个解决方法.这个协调方法称为市场;

(3) 对等伙伴:参与者之间通过协商找到解决问题的方法;

(4) 代理:所有的参与者同意由一个代理来决定最后的解决方法,这通常是在对等伙伴经过多次协调不能达成一致意见的情况下,由代理来完成方案的选择.

以上 4 种协调策略可以比较全面地反映实际企业业务运作过程中不同业务单元以及活动之间的关系,它可以作为我们建立工作流模型的理论基础.

除普通活动网络建模方法中的层次化协调策略以外,本文在活动关系上增加了以下协调和反馈策略:

(1) 请求-服务策略:引入请求、服务节点,使得一个活动可以根据当时执行的情况动态请求多个服务.在引入服务策略的同时,参照面向对象技术中对象请求服务原语,根据请求活动对于服务结果是否等待等不同情况,进一步将请求节点分成简单请求、请求继续、请求等待、请求等待继续这 4 种不同的节点.每种不同的请求模式有不同的内部控制逻辑以及后续活动执行逻辑,这个请求-服务策略中包含了协调理论中的市场机制和控制理论中的反馈控制机制;

(2) 多实例化机制:引入多实例化活动,允许一个活动的多个实例同时运行;

(3) 条件设定机制:引入条件设定节点和条件设定弧,允许在执行过程中动态设定活动执行条件;

(4) 协调机制:引入协调节点,允许用户自己定义协调逻辑或者启动其他群件系统支持群组协调工作.

上述协调和反馈机制的引入,可以实现不同活动之间的交互、协调、反馈、条件设定以及活动的多实例化执行,从而大大提高工作流模型描述复杂实际应用场景的能力以及工作流管理系统的柔性.

2 模型的构成

本节介绍模型的构成元素及其相关的连接逻辑.整个工作流模型由活动节点和连接弧两类元素组成.

2.1 连接弧

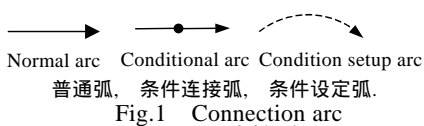


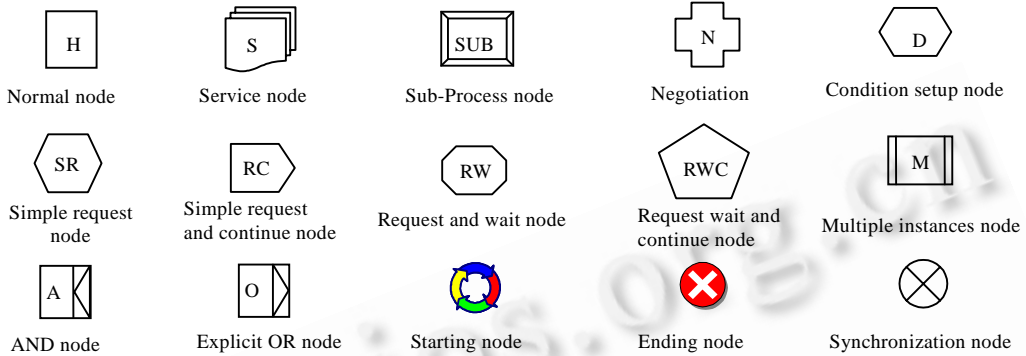
图 1 连接弧

图 1 给出了 3 种不同的连接弧,其中,普通控制连接弧用来在不同的活动之间形成无条件的流程连接关系;条件连接弧实现不同活动之间的条件连接,根据定义在条件连接弧上的谓词逻辑的判断结果,决定活动的执行逻辑;条件设定弧仅能由条件设定节点发出,它可以用来动态地设定活动的执行条件、完成条件和时间要

求等条件,从而提高 workflow 管理系统的柔性.

2.2 活动节点

图 2 给出了活动节点的图形表示形式.根据其在业务流程中所承担的不同性质的任务,活动节点共分为 15 种.



普通节点, 服务节点, 子过程节点, 协调节点, 条件设定节点, 简单请求节点, 简单请求与继续节点, 请求等待节点, 请求等待与继续节点, 多实例化节点, 与分支节点, 显式或分支节点, 开始节点, 终止节点, 同步节点.

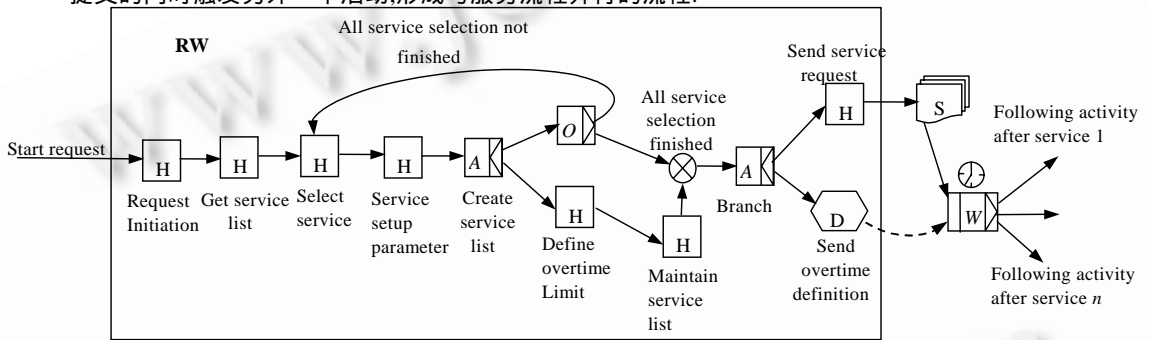
Fig.2 Graphical symbols for activity nodes

图 2 活动节点图形表示形式

- (1) 普通节点:其含义与活动网络模型中定义的活动节点相同.
 - (2) 子过程节点:其含义与活动网络模型中定义的子过程节点相同,子过程节点本身就是 workflow 模型,在子过程节点的工作流模型中还可以定义子过程节点,从而形成一个层次化的递阶 workflow 模型.
 - (3) 开始节点:表示一个 workflow 过程的开始,它还用于服务节点与子过程节点中子流程的入口节点.
 - (4) 终止节点:终止节点表示一个 workflow 的结束,它还用于服务节点与子过程节点中子流程的出口节点.
 - (5) 协调节点:该节点表示在进入此活动后允许用户自己定义协调逻辑,或者启动其他群件系统支持群组协调工作.
 - (6) 多实例化节点:允许一个活动的多个实例同时运行.
 - (7) 显式或分支节点:显式或分支节点是相对于隐式或分支节点而言的,这两种或分支节点都表示在这个活动完成后将从其多个后续活动中选择一个活动执行.所不同之处在于显式或分支节点由该节点中定义的条件选择后续活动,而隐式或分支节点由定义在条件连接弧上的谓词条件是否满足来选择后续活动的执行.
 - (8) 与分支节点:与分支节点是用来表示在这个活动执行完成后,同时触发多个后续活动,这些被触发的后续活动并行地执行.
 - (9) 同步节点:同步节点是用来同步多个并行执行流程的特殊节点,通过它实现多流程结果的汇合,从而实现业务过程所需要的同步.
 - (10) 服务节点:服务节点是类似于 workflow 模型中的子过程节点,所不同的是,一个服务节点可以包含多个服务过程.每个服务节点有多个起始节点和终止节点,每一种类型的服务有一个起始节点与一个终止节点,用来实现与其他活动节点的连接.服务节点内部的组成可以是一个简单的活动、一个由一组活动组成的过程,也可以是许多子流程组成的服务集合.子流程在这里称为服务流程.在服务节点的子流程中还可以包括其他的服务节点.
- 服务节点对外提供服务清单,每个清单项对应一个服务界面,其中定义了该服务的描述信息和相应的输入数据.描述信息包括服务的名称、服务的内容描述、预计执行服务需要的时间、费用、服务的输出结果等信息.输入数据接口定义了接受该服务所必须输入的数据项.
- (11) 请求节点:请求节点是向服务节点请求服务的节点.根据执行的情况,一个活动可以动态地请求多个服务.参照面向对象技术中对象请求服务原语,根据请求活动对于服务结果是否等待等不同情况,进一步将请求节

点分成简单请求、简单请求与继续、请求等待、请求等待与继续这 4 种不同的节点.以下给出这 4 种不同请求节点的内部逻辑以及它们与服务节点的连接关系:

- 简单请求节点:简单请求节点在发送完服务请求后就完成了其任务,它不需要等待服务节点返回执行结果.由于不需要服务节点返回执行结果,简单请求节点属于请求/服务关系中最简单的一种,其工作流程为:在进入请求服务后,通过获得服务节点提供的服务清单,从中选择需要的服务,在完成全部服务项目的选择后向服务节点发出服务请求.
- 简单请求与继续节点:简单请求与继续节点的内部流程与简单请求节点非常类似,惟一的区别是在完成服务请求发送后,该节点还触发另外一个活动,从而触发了一个与服务流程并行的新流程.
- 请求等待节点:请求等待节点在发送完成服务请求后进入等待状态,它需要得到服务节点返回执行结果.为了防止由于服务节点执行错误造成的无休止等待,在请求/服务/等待的流程逻辑中需要引入等待超时时钟,等待超时时钟由超时定义节点定义等待时间,在超过等待时间后系统自动执行超时处理活动,这样可以避免系统死锁等异常情况的发生.图 3 给出了请求等待节点的流程逻辑.其中图标 [W] 表示一个多实例化的显式或分支节点.
- 请求等待与继续节点:该节点与请求等待节点流程逻辑基本类似,所不同的是该节点在完成服务请求提交的同时触发另外一个活动,形成与服务流程并行的流程.



进入请求, 请求初始化, 获得服务清单, 选择服务, 设置服务参数, 创建服务队列, 超时时间定义, 服务队列维护, 发送超时定义, 分支, 未完成全部服务选择, 已经完成全部服务选择, 发送服务请求, 服务 1 后续活动, 服务 n 后续活动.

Fig.3 Process logic for request and wait node

图 3 请求等待节点的流程逻辑

为了更好地反映实际应用中不同事件对活动的触发方式,本文还引入了事件的图标定义,如图 4 所示.这个图标一般标注在活动的上方,在活动上方不加事件图标的活动称为自动活动,它由 workflow 管理系统根据执行逻辑自动启动.



人工, 消息, 时钟.

Fig.4 Graphical symbols for activity trigger

图 4 活动触发事件图标

3 建模示例

图 5 给出了一个招标和评标过程的工作流模型.招标和评标过程的活动主要包括标书准备、发标、接受标书、请评委评标、最后根据评委意见经过讨论确定中标单位.

图 6 给出了一个糖果定制厂的用户服务流程,它对外提供 3 种类型的糖果,分别是巧克力、饼干和蛋糕.并

根据用户的设计要求制作特定形式的糖果.每类糖果有不同的制作方式和不同的包装,用户通过 Web 界面输入订单要求,并得到产品报价.

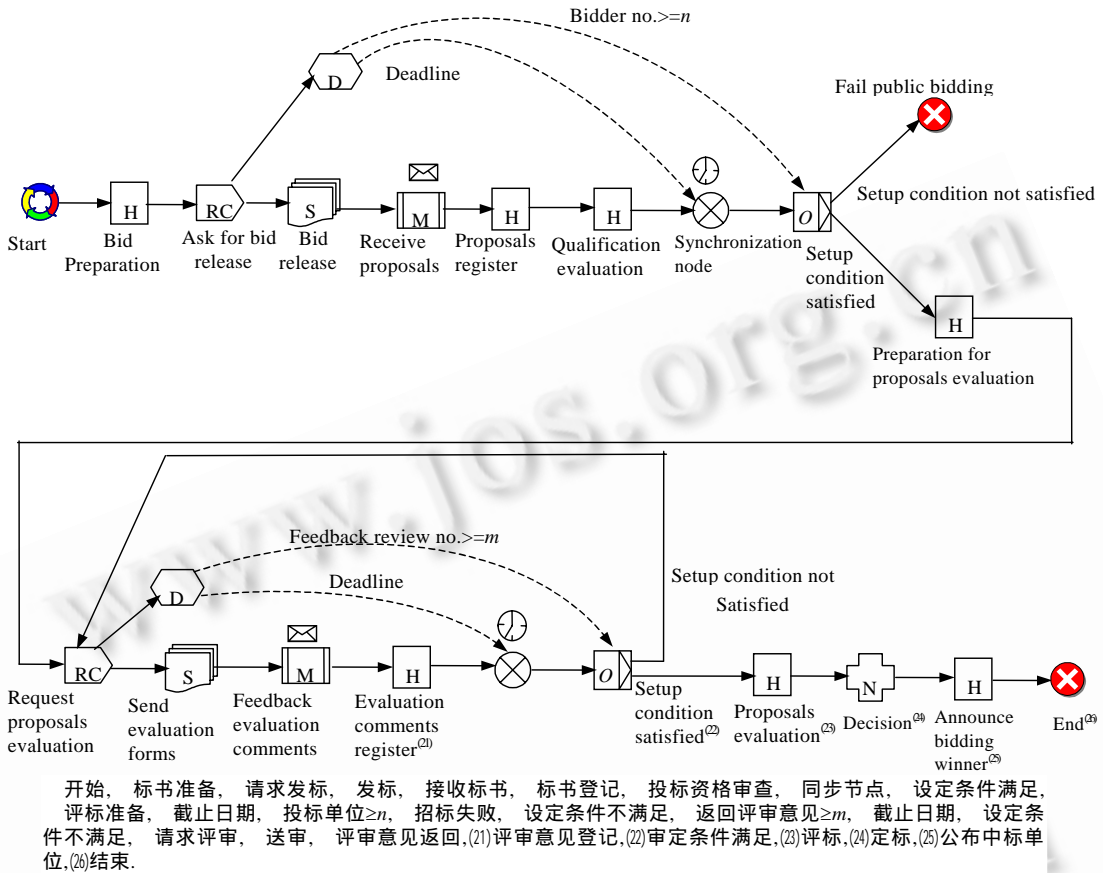


Fig.5 Workflow model of bidding process

图 5 招标过程的工作流模型

通过对图 5 与图 6 给出的工作流模型进行分析,并与传统的活动网络图建模方法相比较,可以得出本文提出的方法有以下特点:

(1) 模型的描述能力强,结构简洁直观:对于用图 5 和图 6 描述的过程,如果采用普通的活动网络模型,则模型会变得非常庞大.比方在图 5 中,我们用一个多实例化节点描述接收标书的活动,在活动网络模型中需要定义至少 n 个活动来描述,这不仅增加了模型的复杂性,而且会引起用户不能够将精力集中到解决关键问题上.又比如图 6 中用服务节点提供的 3 种不同服务的单元,根据客户的需求,可能需要从 3 种不同的服务中选择不同数目的服务,采用目前的工作流建模方法就需要建立 7 种不同的后续分支情况,如果提供的服务种类是 20 种,则若建立工作流模型几乎就不可能了.

(2) 模型具有良好的适应性和通用性:用本文提出的方法建立的模型可以很好地处理过程建模中需要考虑的不确定性问题.如在发标与送审服务节点中,可以灵活地定义不同的服务方式、动态定义保证招标成功的至少招标单位数 n 、可以进入评标所需要收到的评审意见份数 m 、投标截至日期、评审意见截止日期等.又比如在图 6 中同步节点条件的设定可以显著地提高对不同客户需求的相应处理方法.这些动态定义的引入,大大增强了工作流模型的通用性和适应性.

(3) 简化了建模过程:请求、服务、协调、多实例化节点的引入大大简化了建模过程,增强了整个模型的可视性,并且提高了用户对模型的理解.例如,图 5 中发标服务节点可以包括邮寄、传真、电子邮件、自取等不同的发标方式,而传统的活动网络模型必须对每种发标方式都定义一组活动流程,从而导致模型复杂性增加.另

外,协调节点的引入给用户灵活地利用 workflow 管理工具完成其特定业务提供了极大的方便.

(4) 符合应用实际:本文引入的反馈、协调、请求、服务机制更符合企业处理实际业务的习惯.

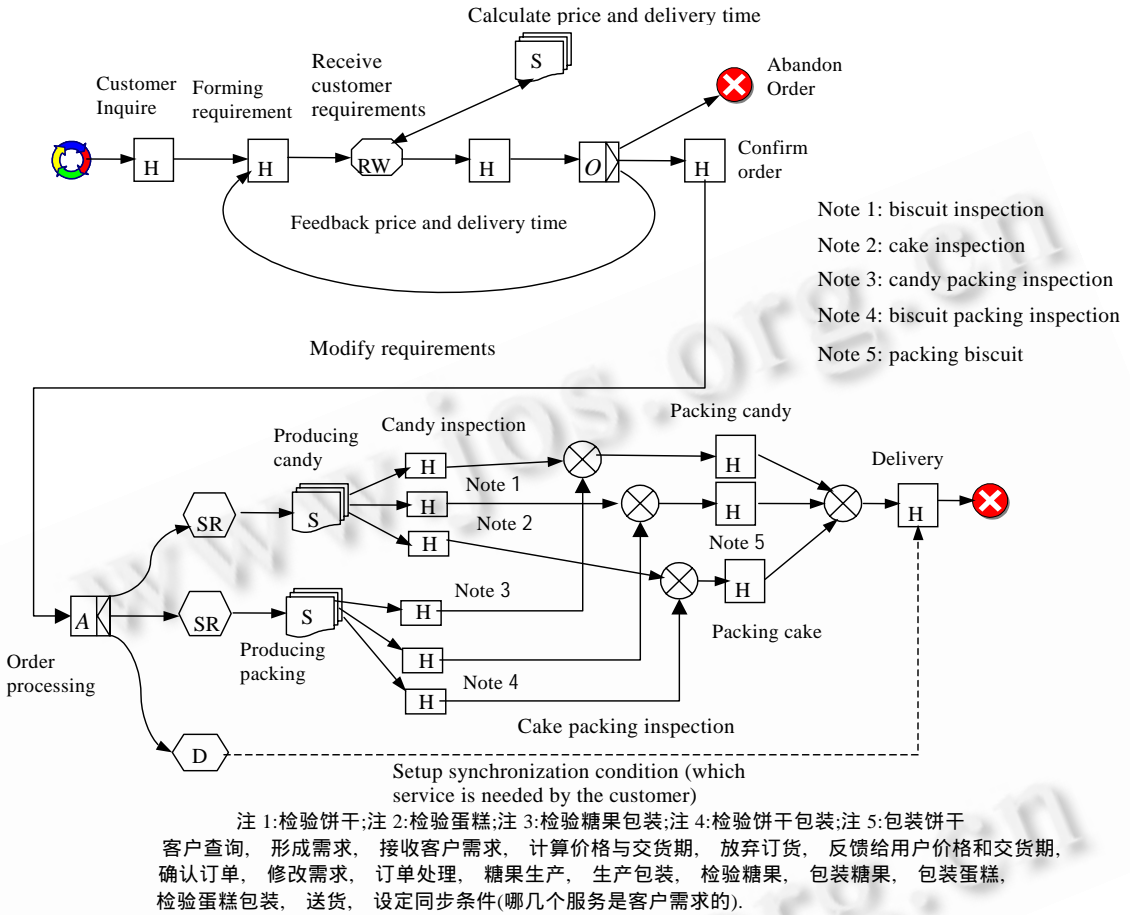


Fig.6 Service process of customization candy production
图 6 糖果特制服务流程

4 结论

目前,过程管理技术与 workflow 管理系统在企业中仍然没有得到广泛的应用,其主要原因之一是目前的工作流管理系统在模型描述能力以及灵活性和可靠性方面存在着不足.为此,本文提出了基于协调理论与反馈机制的工作流建模方法.在活动网络模型基本组成元素的基础上,增加了新的建模元素,并引入了新的建模机制.对招标评标过程和定制糖果服务流程的工作流模型实例的分析表明,本文所提出的建模方法具有描述能力强、模型直观简单、柔性好以及适应性强的优点,在此建模方法的基础上,设计与开发实用性好、可靠性高和处理不确定性能力强的柔性 workflow 管理系统将具有非常广泛的应用前景.

References:

[1] Fan Yu-shun, Wu Cheng. Current state and development trends of workflow management research and products. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2000,6(1):1~7 (in Chinese).

[2] Scholz-Reiter, B., Stichel, E. Business Process Modeling. Berlin: Springer-Verlag, 1996.

[3] Van der Aalst, W.M.P., Van Hee, K.M. Business process redesign: a petri-net-based approach. Computers in Industry, 1996, 29(1-2):15~26.

- [4] Medina-Mora, R., Winograd, T., Flores, R., *et al.* The action workflow approach to workflow management technology. In: Proceedings of the ACM 1992 Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW). New York: ACM, 1992. 281~288.
- [5] Muth, P., Wodtke, D., Weissenfels, J., *et al.* Enterprise-Wide workflow management based on state and activity charts. http://paris.cs.uni-sb.de/public_html/papers/nato-wf.ps.
- [6] Alonso, G., Agrawal, D., Abbadi, A.E., *et al.* Advanced transaction models in workflow contexts. In: Proceedings of the International Conference on Data Engineering (ICDE). New Orleans: IEEE, 1996. 574~581.
- [7] Malone, T.W., Crowston, K. What is coordination theory and how can it help design cooperative systems? In: ACM SIGCHI & SIGOIS ed. Proceedings of the CSCW'90. New York: ACM Press, 1990. 357~370.

附中文参考文献:

- [1] 范玉顺,吴澄. workflow 管理技术研究与产品现状及发展趋势. 计算机集成制造系统, 2000, 6(1):1~7.

Research on a Workflow Modeling Method to Improve System Flexibility*

FAN Yu-shun, WU Cheng

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

E-mail: fan@cims.tsinghua.edu.cn; wuc@tsinghua.edu.cn

<http://www.simflow.net>

Abstract: In this paper, in order to solve the problems of poor description ability and flexibility existed in existing workflow management system, a new workflow modeling method based on coordination theory and feedback mechanism is put forward. The proposed method extends the traditional activity network model and introduces the new modeling mechanism. Several new modeling elements, such as request node, service node, coordination node, and multiple instance node are added to the modeling method. The detailed realization mechanism and application scenarios are given in this paper and two examples are presented too. Research results show that compared with traditional activity network model, the proposed method has significant advantages in enhancing description ability, reducing model complexity, and improving system flexibility and adaptability. The proposed method has important value in designing and developing workflow management systems with high reliable, flexibility, and adaptability.

Key words: workflow model; workflow management system; coordination theory; flexibility; business process reengineering

* Received June 14, 2000; accepted October 16, 2000

Supported by the National High Technology Development 863 Program of China under Grant No.863-511-944-002