

# 基于流程知识的 BPM 系统监控技术研究<sup>\*</sup>

陶亚雄<sup>1,2</sup> 王 坚<sup>1</sup> 凌卫青<sup>1</sup>

(上海同济大学 CIMS 研究中心 上海 200092)<sup>1</sup> (重庆职业技术学院 重庆 400712)<sup>2</sup>

**摘 要** 随着信息技术的发展和市场全球化程度加深,企业业务流程的动态、敏捷、多变特点日趋明显,对业务过程管理系统的柔性提出了更高的要求。本文首先总结了各主流 BPM 产品监控器的特点及不足,在分析 BPM 系统监控方式、对象及其对系统柔性影响的基础上,提出利用流程知识和实时状态、数据构成业务仪表盘+工作流仪表盘,分别进行流程业务性能统计监控和实时运行状态监控的模式。借助流程知识,赋予监控器一定程度的异常预测能力,以及在异常发生时利用流程知识能有效控制和减少异常发生、降低异常的负面影响,进而增加了 BPM 系统的柔性。

**关键词** BPM 系统柔性,流程知识,工作流仪表盘,业务仪表盘

## A Research on BPM Monitor Based on Process Knowledge

TAO Ya-Xiong<sup>1,2</sup> WANG Jian<sup>1</sup> LING Wei-Qing<sup>1</sup>

(Research Centre of CIMS, Tongji University, Shanghai 200092)<sup>1</sup> (Chongqing Vocational and Technology College, Chongqing 400712)<sup>2</sup>

**Abstract** Accompanied with the development of IT and market globalization, business process shows more and more dynamic, nimble and variable, that lead to more strict requirement on Business Process Management System. This paper points out the characteristic and shortage of the majority BPM suits at first, then analyzes the monitor's carrying style, objects and its affection on BPM system's flexibility. Furthermore, the paper brings forth the "business panel+workflow panel" monitoring style by making use of process knowledge and real-time process status and data, which can forecast exception in a way, control and descend the exception's negative affection scope by help of relevant process knowledge, and then make the BPM system more flexible.

**Keywords** BPM system's flexibility, Process knowledge, Workflow panel, Business panel

## 1 引论

相比于 workflow 管理系统,业务过程管理系统 BPMS(Business Process Management System)对业务的集成、优化、监控与绩效给予了更多的关注。随着业务流程敏捷、动态和多变特性日趋明显,对 BPMS 柔性策略、方法研究的重要性日益突出,而 BPMS 对流程监控力度的高低在很大程度上影响其柔性<sup>[1]</sup>。

纵观目前软件市场上的 BPM 产品套件,代表性产品主要有 CommerceQuest 的业务流程管理套件 TRAXION、FileNet 的企业内容管理 ECM 解决方案 Business Process Manager、IBM 的 WebSphere Business Integration、HandySoft 的 BPM 应用框架 Global Corp.'s BizFlow 等。这些产品中,除 IBM 的 WebSphere Business Integration 外,其余 BPM 套件中的监控器都只提供针对过程监控的实例运行相关数据,而明显忽略了流程的业务性能信息数据,这既不能满足面向企业决策的管理需求,也不能为流程监控管理提供更深入、全面的监控信息与报告。如 FileNet 的 Business Process Manager,它借助基于在线分析处理(On Line Analytical Processing, OLAP)的内容仓库、引擎内嵌的日志子系统分别提供详细的实时流程信息和业务活动事件日志,但其管理信息则仅仅是借助 Microsoft Excel 或其它工具生成的周期时间(Cycle Time)、生产力(Productivity)等数据统计报告。而 BizFlow 则只是通过可视化的过程监视和管理功能,为授权用户提供图形化的活动详细信息,以及各种统计报告与实时分析报表等<sup>[2]</sup>。IBM 通过 WebSphere Business Monitor 为业务管理者

提供了监控和业务数据分析功能,使用户既能查看过程运行情况,还可重新指定或执行更正操作,从而完成企业绩效管理 and 优化。其实时数据、消息/事件数据分别存放在 WebSphere Process Server 和 WebSphere Message/Event Broker 中,而其它非流程相关数据则来自于数据库<sup>[3,4]</sup>。

为此,本文在分析 BPMS 监控器的基本功能、实现方式和方法的基础上,借鉴 IBM 的 WebSphere Business Monitor 模式,提出利用流程知识来提高 BPMS 监控能力。

## 2 BPM 的柔性

任何业务过程在运行过程中,都可能会受到来自系统内、外各种因素的影响,从而与原来定义的过程发生偏差,这就是 BPMS 的变更和异常。而 BPM 系统处理异常和变更的能力即是 BPM 的柔性。

### 2.1 变更与异常

变更一般指在业务流程建模或流程运行中,以流程顺利演进、优化为目的的主动、可自动执行的流程更改,它一般都是可预知的。BPMS 对变更的处理能力体现为流程的灵活性和动态性。前者指系统在流程运行时描述流程定义的能力,主要发生在建模和实例化阶段;动态性主要指变更发生时,由于流程更改需求而对原有已经实例化的流程实例的处置情况。

目前 BPM 的变更处理方法和策略较多,主要有从流程建模角度着手的提前建模+推后建模、将流程规则从模型定义中解耦/半解耦出来的规则后绑定、定义调整(如增加/删除活动、活动重新排序)等,以及在流程运行中实施的实例调整

<sup>\*</sup>基金项目:上海市科技发展基金重大项目(04DZ11007)。陶亚雄 博士研究生,研究方向为智能生产系统、业务流程管理系统。

(如向前/向后恢复、继续、迁移等)等等<sup>[5]</sup>。

异常主要指流程运行中偏离正常设置、可能导致流程障碍的变化,异常仅发生在过程运行期间,对流程总是产生负面影响,并往往是不可预知或不可完全预知的,且需要人工活动进行干预的<sup>[6,7]</sup>。

由于可预知性较小,系统在异常处理过程中也相对被动。通常 BPM 系统只能由异常检测控件在目标测试点的采样结果分析后得出异常判断,进而挂起运行中的实例、分析异常原因及系统的处理条件后,选择相应的处理方式,进行异常处理。BPM 系统对于异常的处理策略主要包括忽略、回退、重试、修改实例/模型以及上述策略的组合运用等<sup>[8,9]</sup>。

### 2.2 BPM 监控器与 BPM 系统柔性

业务过程管理系统通过流程建模、仿真运行、模型修改、流程实施以及流程优化等几个反复循环的环节,构成一个不断优化、螺旋上升的 BPM 生命周期。其中监控对 BPM 全生命周期各环节均发生直接(图中实线箭头)或间接(图中虚线箭头)的关联,具体如图 1 所示。流程仿真和实施运行环节的管理都依赖于监控器所采集的有关数据、状态信息,通过分析,了解、掌握流程情况,进而采取相应措施(修改、调整模型等)控制流程,保证流程结果。显然,流程建模、模型修改和优化虽然并未与监控器发生直接关联,但它们都以监控器获取的流程信息为基础。

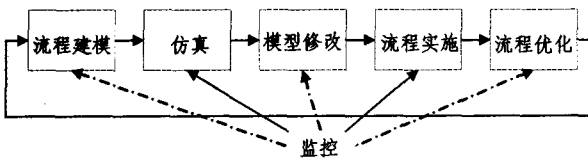


图 1 监控对 BPM 全生命周期各环节的关系

BPM 监控器的监控对象是运行中流程的活动实例及工作项的状态和绩效,通过模型中设定的相关测试点、测试参数以及测试方式规定,即可在流程运行时通过监控器取得流程的实际运行数据,将其与设计数据进行比较,得出流程的实际运行情况,并以此为依据,做出相应的流程调整或更改。

由于业务流程的跨边界特性和环境复杂性等因素,任何流程在实施过程中都不可避免地会呈现动态多变的特征,这也即 BPM 柔性所需面对与处理的问题。显然,监控获取的

流程信息为 BPM 动态地适应和处理各种变更与异常,提供了最真实的第一手基本信息,是实现柔性 BPM 的前提。

### 3 利用流程知识的 BPM 监控方法

目前主流的监控器都借助基于 Web 的应用代理,以图形化界面方式为监控管理人员提供流程相关情况,使其可以直观观察流程实例的运行状态,了解流程运行情况并实施相应的调整、修改措施等。因此说,监控器提供的流程数据与信息是操作人员进行在线分析管理、保障流程运行,以及找到流程进一步优化方案的主要依据。同时,监控器提供的流程运行分析统计,还为企业高层进行企业长期决策规划提供了重要的参考凭据。

因此,本文提出利用流程知识提高 BPM 监控能力的方法,不仅将运行中的流程实时数据和信息导入监控器,还赋予监控器系统数据库查询调用功能,通过预先设置好的滤波器类型(计数 Duration、布尔 Boolean、数字 Numerical、文本 Text 和日期 Date 等几种)及参数<sup>[3,4]</sup>,将用户需要的流程有关历史数据和统计信息按相应权限、以窗口图形和表格形式(称之为仪表盘)提供给各级用户,帮助其全面、准确地掌握流程运行情况。其具体实现方式如下。

#### 3.1 workflow 仪表盘

workflow 仪表盘主要提供流程的实时运行情况,通过相关流程实例数据、信息,使系统管理员、各级在线操作人员可查明流程运行中的问题和瓶颈所在,赋予系统更强的流程可操作性以及预警能力。workflow 仪表盘的主要监控对象为流程实例及其活动实例,其主要的测试对象分别如表 1、2 所示。

表 1 workflow 仪表盘流程实例主要监控测试项

监控测试项	意义	滤波器类型
状态(State)	引擎中流程实例的当前状态	Text
开始时间(Start Time)	流程的开始日期和时间	Date
经过时间 (Elapsed Duration)	流程实例已运行时间	Duration
运行时间 (Working Duration)	整个流程运行时间	Duration
延迟(Is Delayed)	流程是否已经超期	Boolean
成本(Cost)	流程运行开始的所有开销	Numerical

表 2 workflow 仪表盘活动实例主要监控测试项

监控测试项	意义	滤波类型
转移(Transition)	是否改派工作项执行者	Boolean
活动名(Activity ID)	活动实例名称 ID	Text
状态(State)	活动实例及工作项的状态,主要包括: 1. Ready——实例已被创建; 2. Running——实例已开始; 3. Completed——实例已执行完成; 4. Terminated——实例被中止	Text
用户(Role)	当状态为 Running、Completed、Terminated 时,指当前拥有该实例的执行者; 为 Ready 时,指所有可以执行该实例的人员	Text
创建时间(Create Time)	活动实例被创建的时间戳	Date
开始时间(Start Time)	活动实例的开始时间	Date
完成时间(Complete Time)	活动实例的完成时间	Date
经过时间(Eclipse Duration)	活动实例开始至今的时间 (Eclipse Duration) = (Now time) - (Start Time)	Duration
工作时间(Working Duration)	整个活动实例运行所需要的时间 (Working Duration) = (Complete Time) - (Start Time)	Duration

### 3.2 业务仪表盘

业务仪表盘按照设定的滤波器类型和参数,从流程数据库中提取相关流程历史数据,以统计报表等形式为用户提供一定时段内监控项目的内容数据,使其可由此推知被监控流程的情况。因此,业务仪表盘就是从流程绩效的角度,以多层次的流程业务测试监控统计报告,为管理决策人员全面分析流程状况、进行长期规划决策提供依据<sup>[3,4]</sup>。它的主要分析方式为:

- 基本分析:监控项本身价值分析;

- 对比分析:监控对象与指定期间内相关项的对比价值分析;

- 趋势分析:监控对象与相关项的加权平均对比价值分析;

- 控制分析:监控对象的相关综合平均价值分析。

将工作流仪表盘上当前流程的数据与业务仪表盘上相关统计数据对比,即可了解监控流程的综合水平,并在流程运行一段时间后,将其实际综合状况从监控器导出,用于后续流程的分析优化。业务仪表盘主要收集监控的相关流程项目如下表 3 所示。

表 3 业务仪表盘主要监控测试项

监控测试项	意义	滤波器类型
项目数	规定日期范围内指定流程的实例数	Numerical
失败项目数	规定日期范围内指定流程中未完成的实例数	Numerical
完成项目数	规定日期范围内指定流程中完成的实例数	Numerical
遗留项目数	在规定日期前开始的指定流程的实例数	Numerical
平均使用时间(average eclipse duration)	规定日期范围内( $M$ 天)指定流程的实例( $N$ 个)平均使用时间 $\sum_{i=1}^N \text{EclipseDuration}/M$	Date
平均工作时间(average Working duration)	规定日期范围内( $M$ 天)指定流程的实例( $N$ 个)平均工作时间 $\sum_{i=1}^N \text{WorkingDuration}/M$	Date
平均成本(average cost)	规定日期范围内( $M$ 天)指定流程中各实例( $N$ 个)的平均成本开销 $\sum_{i=1}^N \text{cost } t/N$	Numerical

## 4 利用流程知识提高 BPM 流程监控能力

异常对业务流程的影响总是负面的,所以 BPM 系统应尽可能减小异常对流程环节的影响范围、降低异常对流程结果的影响程度。但异常发生往往是不可预知或起码是不可完全预知的,因此,提高系统对于异常的预测能力,以及在非预知异常发生时能够尽早采取有效的解决措施,就成为减少异常对流程运行环节的影响范围、减轻异常对流程结果的负面影响,进而提高 BPM 系统柔性的一项主要措施。

前述工作流仪表盘和业务仪表盘分别提供关于流程的实时、历史运行情况,以图表方式使用户得以获取直观的流程状况,并通过在监控窗口设立相关预警功能栏目,提高系统对各种异常的监控响应速度,以及监控准确程度。

### 4.1 利用流程知识提高监控响应速度

业务监控仪表盘上的预警通知栏,用于对用户发出关于流程运行可能出现异常或故障、瓶颈的警告,同时给出预警流程的实例 ID、预警发布时间(alarm time)以及预警内容(alarm issue),使管理员注意到这类尚未发生、但很可能出现的异常,直接采取干预措施(如中止活动、改善环境重新运行等)或有所准备,从而避免异常发生或在异常发生较早的阶段采取相应补偿措施,减小异常影响范围,保证流程结果。

上述方式主要取决于预警信号能否及时发送以及预警内容是否准确,即触发预警的条件设置恰当与否。根据活动相关历史记录,可以明确掌握导致异常的主要条件及其对异常触发的关系(AND、OR、NOT 等),以及活动的实时状态数据,并由此设置恰当的预警触发条件。如某活动 A 最近一个月内被执行 10 次,其平均执行时间为 20 小时(average complete Duration=20(hours)),规定执行时间为 48 小时(average working Duration=20(hours)),操作者分别为甲、乙、丙三人。

设当前 A 的状态(State)为 Running,经过时间(Elapsed Duration)为 22 小时,虽然该活动并未超期(Is Delayed==F),但由于已超过平均执行时间(average complete Duration)2 小时,若设定的预警触发条件之一为“超过平均执行时间 2 小时”,各触发条件为“与”关系,则监控器将在仪表盘上发出

该活动的可能异常预警。

收到预警信号后,管理员通过调查,发现此次指派的活动执行者乙出差在外,在系统异常发生前以人员变更的方式,改派甲完成此次活动,即可避免异常出现。

### 4.2 利用流程知识增加监控准确度

当非预期异常发生时需要通过管理员进行处理,此时管理员对异常情况的了解深度、异常性质判断的准确度、掌握该种异常处理方法的多少,往往成为流程能否排除异常、顺利完成的关键。

前面介绍的业务仪表盘提供相关流程的历史资料数据统计,如相应测试项的平均值、最高值、最低值等,使监控人员获得有关流程运行的全面、准确的资料。当非预期异常发生时,即使不能按现成规则进行处理,系统也可按相似度在流程知识库相关条目中搜索到最相似的异常案例,并在业务仪表盘上提供给管理员,使其可参照案例处理方式,结合当前流程情况进行调整、修改,采取最有效的干预措施,降低因不当选择而可能引起的流程结果偏差。

继续前面的例子,若管理员改派 A 后,又经过 22 小时后(Elapsed Duration=44 hours),从监控仪表盘上再次得知该活动可能发生异常的预警(Is Delayed==F),再次调查后发现甲因病住院,遂再次改派人员丙执行此次活动 A。由于其平均完成时间为 20 小时,故该活动执行到 4 小时后,其异常已不可避免(Is Delayed==T),只是由于其执行者丙有过操作经验(相关流程知识),既可以减少完成时间(低于 20 小时),还可以尽量避免出现执行中的其它失误等等,从而避免了出现异常影响扩大等情况。若管理员没有相关流程历史信息的参考,而指派了一个从未执行过上述活动的员工,其后果则难以预测。

**结论** 同济大学 CIMS 中心研发的基于流程知识的业务过程管理系统 PK-BPMS(Business Process Management System based on Process Knowledge),利用流程知识对业务过程管理的指导与促进作用<sup>[10]</sup>,把从流程中提取的流程知识用于协助流程管理监控,以工作流仪表盘、业务仪表盘两个窗口的形式,为各级流程管理、执行人员提供流程的实时运行数据和

(下转第 128 页)

个复杂工作流网的网语言求解问题转化为对若干个子网的网

语言求解,从而降低了复杂工作流行为分析的复杂性。

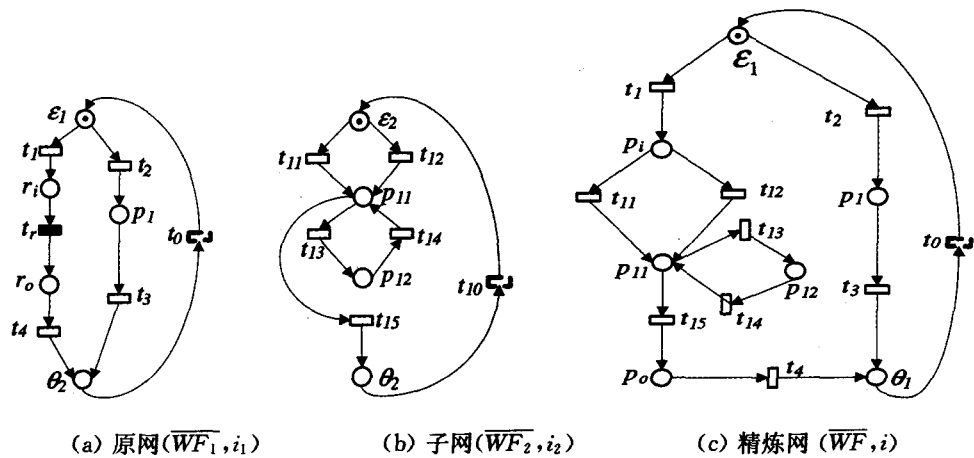


图2 投诉处理流程的工作流模型

参考文献

- 1 Van der Aalst W M P. The Application of Petri Nets to Workflow Management. The Journal of Circuits, Systems, and computers, 1998, 8(1): 21~66
- 2 Suzuki I, Murata T. A Method for Stepwise Refinement and Abstraction of Petri Nets. Journal of Computer and System Science, 1983, 27:51~76
- 3 He X D, Lee J A N. A Methodology for Constructing Predicate Transition Net Specifications. Software-Practice and Experience, 1991, 21(8):845~875
- 4 Jensen K. Colored Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Volume 1, Basic Concepts. In: EATCS Monographs on Theoretical Computer Science, Berlin: Springer-Verlag, 1992. 1~234
- 5 Betous-Almeida C, Kanoun K. Construction and stepwise refinement of dependability models. Performance Evaluation, 2004, 56:277~306
- 6 蒋昌俊著. 离散事件动态系统的PN机理论. 北京: 科学出版社, 2000

- 7 Huang Hejiao, Cheung T-y, Mak W M. Structure and behavior preservation by Petri-net-based refinements in system design. Theoretical Computer Science, 2004, 28:245~269
- 8 夏传良, 焦莉, 陆维明. Petri网精细化操作及其在系统设计中的应用. 软件学报, 2006, 17(1): 11~19
- 9 Van der Aalst W M P 著. 工作流管理——模型、方法和系统. 王建民, 等译. 北京: 清华大学出版社, 2004
- 10 Chrzastowski-Wachtel P, Benatallah B, Hamadi R, Dell M O', Susanto A. A top-down Petri net-based approach for dynamic workflow modeling. In: Van der Aalst WMP, et al, eds. BPM 2003. LNCS 2678, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 336~353
- 11 Van Hee K, Sidorova N, Voorhoeve M. Soundness and separability of workflow nets in the stepwise refinement. In: Van der Aalst WMP, Best E, eds. Proc. the 24th Int'l Conf. on Application and Theory of Petri Nets. LNCS 2679, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 337~356
- 12 丁志军, 蒋昌俊. 基于精炼操作的Petri网建模及其分析方法. 控制与决策(已录用)
- 13 Murata T. Petri Nets: Properties, analysis and applications. Proc. of the IEEE, 1989, 77(4):541~580

(上接第117页)

历史相关资料统计,加快了系统的监控响应速度、扩展了系统的监控范围,并通过预警通知栏,提高系统对异常的预测能力,辅助系统在异常发生时采取更有效的干预补偿措施,保证了流程的顺利运行,提高BPM系统的柔性。其实施系统框架如图2所示。

流程运行。与此同时,上述运行、调整及流程结果数据又再送入相关数据库,经过知识整理模块的筛选、整理,形成更新的流程知识,用于流程运行和优化指导。

参考文献

- 1 Harmon P. IBM's BPM Strategy. Products and Architecture [J], 2004,2(11)
- 2 Miers D, Harmon P. The 2005 BPM Suites Report (Version 1.1). October 2005. www.bptrends.com
- 3 Continuous Business Process Management with HOLOSOFX BPM Suite and IBM MQSeries Workflow. IBM.com/Redbooks, 2002. 05
- 4 Business Process Management: Modeling through Monitoring Using WebSphere V6 Products. IBM.com/Redbooks, 2006. 02
- 5 Zhu Jinqun, Yuan Senniao. Study on transaction-based workflow exception handling models and methods. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2003, 33(3): 46~50 (in Chinese)
- 6 Luo Z, Sheth A, Kochut K, et al. Exception Handling in Workflow Systems. Applied Intelligence, 2000, 13: 125~147
- 7 Sun Ruizhi, Shi Meilin. Formal Presentation of Exception Handling in a Workflow System. Journal of Computer Research and Development, 2003, 40(3): 393~397 (in Chinese)
- 8 Hagen C, Alonso G. Exception Handling in Workflow Management Systems. IEEE Transactions on Software Engineering, 2000, 26(10): 943~958
- 9 Chiu D K W, Li Qing, Karlapalem K. Web Interface-driven Cooperative Exception Handling in ADOME Workflow Management System. Information Systems, 2001, 26(2): 93~120
- 10 Klein M, Dellarocas C. A Knowledge-based Approach to Handling Exceptions in Workflow Systems. Computer Supported Cooperative Work, 2000, 9: 399~412

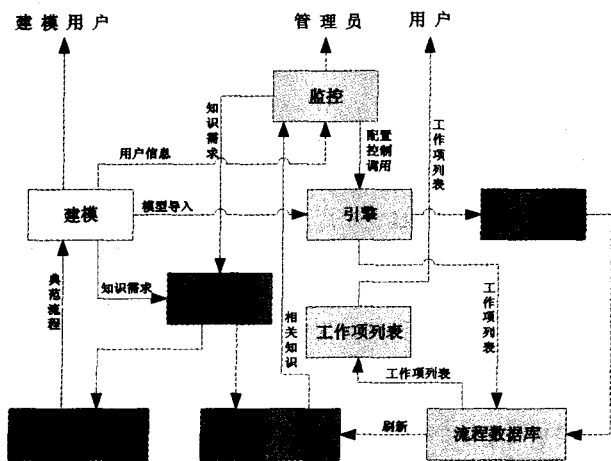


图2 基于流程知识的BPM管理系统

该系统将活动与其所需知识在活动的属性中以知识需求的形式发生关联,通过引擎解析,使监控器可以获取引擎中的实时流程数据和系统数据库中相关流程的历史数据信息,两相对比,对流程做出及时、准确的判断和处理应对策略,保障