

workflow 系统的资源管理问题

吴立峰, 金 焯

(上海交通大学机械与动力工程学院, 上海 200030)

摘要: 业务过程最终由各类资源执行完成, WFMS 只是承担组织者的角色。 workflow 资源管理关注任务分配规则的定义、运营环境中的分配运算, 并将运算结果传递给合适的执行资源。基于“面向任务的协作”的角度, 该文定义和阐述了 WFRM 的领域范畴, 并对深层次的问题进行了描述和讨论。

关键词: 工作流; 资源管理; 资源模型; 面向任务的协作

Problem of Resource Management in Workflow System

WU Li-feng, JIN Ye

(Institute of Mechanical and Dynamical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

【Abstract】 It is the resources that execute the business process, WFMS just acts as an organizer. Workflow resource management(WFRM) focuses on rule definition of task allocation and distributive operation in operation environment, and transfers the results to proper executive resources. Based on the principle of task-oriented collaboration, this paper analyzes the domain of WFRM, discusses problems of it to a certain extent.

【Key words】 workflow; resource management; resource model; task-oriented collaboration(TOC)

传统的工作流系统以“控制流”为中心, 考虑工作流领域中的各类问题, 各种工作流过程元模型关注的焦点为: 业务过程中的结构组成关系和执行次序逻辑。但“控制流”只是工作流领域的重要方面之一, 在生产环境中, 逻辑上的“控制流”如果没有被具体的“资源”执行, 则只能停留在数学推导的层面。

工作流领域里的“资源”是指能够执行某些任务的实体, 这些实体在实际的企业应用环境中可能是操作人员、组织单元、加工设备、或者软件组件。工作流管理系统(workflow management system, WFMS)与“资源”之间的协作规律的研究目前尚处于起步阶段, 与“控制流”方面理论的成熟形成很大的反差。

1 WFRM 领域的研究现状

1.1 组织模型

组织模型为: 从技术层面上, 构造合适的数据库模型以反映企业的组织结构。

Org-Model(Rosemann98)={Role, Person, Position, Position Type, Organizational Unit}

Rosemann^[1]在 Siemens WorkParty 和 IBM FlowMark 等商用工作流系统特点的基础上, 提出了评价 WFMS 的元模型方法。Role 拥有一定的权限并具备相应的能力特征; Person 通过被授权允许担任某些 Role 而获得执行任务的权限; Organizational Unit 是企业的永久或临时性组织单元, OU 可以通过自引用形成组织结构树; OU 可以下设若干个 Position, Person 通过出任某个 Position, 而与 OU 发生间接的关系; 该模型允许对 Person 之间的替代关系建模。

Org-Model(Muehlen04)={Role, Resource, Organizational Position, Organizational Unit}

Muehlen^[2]在上述模型的基础上, 从工作流全生命周期之内的组织资源管理角度出发, 提出了一个改进模型。该模型

的特点在于: Person 被更广义的 Resource 所取代; 取消了多余的 Position Type 概念; 并进一步对这些概念所面向的领域进行了界定, Role 的设立及实例化应从工作流角度出发, OU、OP 的定义及实例化是从企业建模的角度出发, Resource 介于二者之间, 分别映射到上述两个不同的概念空间。

1.2 通用资源模型

一些研究者尝试从资源的角度将“人/组织”类型的资源与“Non-Human”类型的资源整合到一个更高抽象级别的概念模型体系之中, 并力图避免在模型中描述复杂的、千变万化的、具体的组织结构关系。

Res-Model(AKV03)={Organization, Collection, Resource, Resource Type}

Aalst^[3]等对一种基于 Petri-Net 和 XML 的工作流模型定义语言 (eXchangeable routing language, XRL) 进行了扩展, 加入了与资源模型相关的实体、结构及规则。这些扩展涵盖了通常的广义的组织、广义的资源集合、人员、非人力资源 (如加工设备) 等, 并为角色继承、权限委托、资源可用性问题提供了简单的定义手段。

Res-Model(Muehlen99)={Workflow Participant, Resource, Role/Function, Resource Set}

Muehlen^[4]首先指出了两种最常见的资源建模策略: 技术驱动和组织驱动。前者以工作流系统为核心、从工作流模型的角度来定义资源模型; 后者以企业应用为核心、从组织结构的角度来定义资源模型。这 2 种策略都有其现实依据及合理性。在此基础上进一步的提出了综合考虑双方立场的通用资源模型, 引入了 Workflow Participant 作为工作流模型与资源模型之间抽象层, 使两类模型既能保持一定的独立性, 又

作者简介: 吴立峰 (1975 -), 男, 博士研究生, 主研方向: 动态工作流, 实时协同设计; 金 焯, 教授、博士生导师

收稿日期: 2006-11-23 **E-mail:** wulifeng2000@hotmail.com

能有机地结合在一起，具有很好的稳定性、灵活性和可扩展性。

1.3 资源模式

Russell^[5]首次提出了“ workflow 资源模式 ”(workflow resource patterns)的概念，以工作项的生命周期为线索，归纳了 7 类 43 种常见的模式：Creation, Push, Pull, Auto Start, Detour, Visibility, Multiple Resources。该研究是之前 workflow 模式(work flow patterns，实为 workflow control-flow patterns)以及 workflow 数据模式(workflow data patterns)的自然延续，是目前唯一公开的、对资源行为模式进行归纳整理的研究，具有开创性的意义。在此基础上，进一步研究了如何利用着色 Petri 网对资源约束的业务过程进行形式化的分析。

1.4 资源管理与分配策略

Weimin Du^[6]等针对企业级 workflow 应用环境提出了一个资源管理体系。在上述环境下，资源具有大规模、多层次、动态分布、策略复杂等特点。该体系的核心是由一组层次化的资源管理器(resource manager)构成，并提供了 RDL 资源定义语言、RQL 资源查询语言、RPL 资源策略语言、RM 通信协议、资源管理及安全控制 API 等接口。

Bussler^[7]提出了完全基于策略解析的资源分配方法。其核心是 PRA(policy resolution architecture)模型和 PDL(policy definition language)，可以用形式化的方式描述任意的组织结构、以及复杂的任务分配策略。Momotko^[8]则研究了如何解决动态变更(dynamic change)情况下的 workflow 任务分配，并提出了 WPAL 语言(workflow participant assignment language)来作为形式化的描述方法。上述研究从复杂灵活多变的业务角度为 workflow 资源调度提供了系统实现的机制。

2 从“面向任务的协作”角度探究 WFRM 问题

传统 workflow 系统和理论核心是“控制流”问题，workflow 过程元模型的主要关注点是业务过程的结构组成关系和执行次序，WFMS 也自然被定位成企业应用系统的又一个核心。

但在现实的企业应用环境下，WFMS 的这种核心地位只是在逻辑上相对存在：

(1)WFMS 在驱动业务过程中的决定权可能是有限度的，很多情况下，资源本身拥有一定的决定权，WFMS 与资源之间是对等的。

(2)即使 WFMS 与外界资源之间是一种“分配者-接收者”的关系，但这种“分配-接收”关系不是仅仅在 WFMS 的数学运算空间里抽象存在的，它必须能够被具体化到实际的企业应用环境中，必须能够在物理上被资源所接收。

可以看出，仅仅从逻辑上的“控制流”角度来看待“ workflow 资源管理”是不充分的，还要从新的角度去看待“ workflow 资源管理”问题。

2.1 面向任务的协作

WFMS 与资源之间是一种面向任务的协作(task-oriented collaboration, TOC)关系，这种关系定义如下：

- (1)WFMS 和资源是相互独立的对等实体；
- (2)资源是多样的，WFMS 拥有计算机化的资源目录；
- (3)随着业务过程的推进，WFMS 与各种资源之间不断地为新的任务进行协作；
- (4)协作的通信模式和通信介质可能因通信内容而异。

图 1 描述了 WFMS 和资源之间“面向任务的协作”模型，该模型对 TOC 过程进行了拆分和抽象，并定义了 5 个原子级的操作。

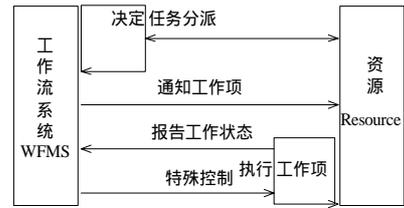


图 1 WFMS 与资源之间“面向任务的协作”模型

基本原理如下：

(1)决定任务分派。由 WFMS 主导执行，决策依据是事先定义的任务分派规则、过程案例的相关信息、WFMS 所掌握的资源状态。这个决策有可能是 WFMS 独立完成，也可能需要与资源进行协商，比如：多个候选资源竞争方式，或者 WFMS 向特定候选资源发出的询问。

(2)通知工作项。标志着 WFMS 与资源之间就某项任务的执行达成了正式契约，任务以工作项的形式被正式地传递给执行资源，处于可启动的状态。在实际的应用环境中，“通知”动作本身可能是显示的，也可能是隐式的。

(3)执行工作项。资源执行分配给它的工作项，在某些情况下还允许资源对工作项作一些特殊的处理，比如：委托，跳过，重做，挂起/恢复，终止等。

(4)报告工作状态。执行工作项期间，资源在必要时会向 WFMS 报告工作状态，比如：已启动，已完成，出现异常，执行了特殊操作等。

(5)特殊控制。在执行工作项期间，WFMS 可能会向资源发出一些特殊的控制指令，比如：立即启动，强制取消，重新分派等。

TOC 对协作关系与协作模型的描述，实际上是建立了 WFRM 的动态模型，为进一步研究 WFRM 问题域和结构模型提供基础。

2.2 以 TOC 为基础的 WFRM 基本问题域

在 TOC 的基础上，可以归纳出 WFRM 的基本问题域。它是对 workflow 资源管理所涵盖的研究和技术领域的定义和概括，是从最高的抽象层次对 WFRM 问题域的总体建模，包括相关的各个行为实体、数据信息、数据元模型、以及它们之间的关系(如图 2 所示)。

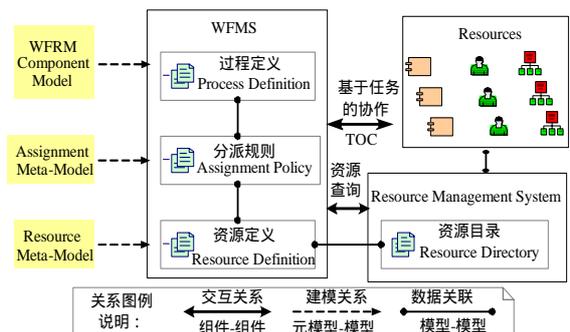


图 2 WFRM 的基本问题域

(1)行为实体

WFRM 涉及 3 类独立的行为实体：WFMS，资源，资源管理系统(resource management system, RMS)。WFMS 和 RMS 是软件组件，资源则不一定，可能有多种存在形式，比如：人，组织机构，加工设备等。但是不论何种形式资源一定都会有一个软件组件工具的来代理其与 WFMS 之间的交互。

许多 WFMS 都内置了对组织结构建模和定义的能力，但

实际上组织建模与过程建模只是两个正交相关的问题,并不是 WFMS 所应该关心的内容。对 WFMS 的过程定义而言,只要能够确定什么样的情况应该由什么类型的资源来执行特定的任务就足够了,WFMS 需要的资源信息只是与任务分派相关的部分。即便是在过程定义当中有时会涉及需要借助资源之间的某种关系来作为任务分派的依据,但 WFMS 并不真正关心资源在企业计算环境当中所处的地位及其相互关系。更进一步地说,“对 WFMS 而言,所有资源都是平等的,其差别只是在于它们如何与 WFMS 进行协作通信”。

基于上述理由,可以将 RMS 作为一个独立的行为实体提取出来,它来负责描述资源的模型或组织结构模型,建立资源的目录。

1)很多企业当中已经存在独立的计算机化的资源管理目录或者 HRM(人力资源管理, human resource Management)系统,没有必要在 WFMS 中重新引入类似的能力;

2)即便资源管理问题本身就是一个复杂的领域,会随着企业的发展而不断动态演变,客观上也必然需要一个专门的独立软件系统来处理这方面的要求。

从这 2 个角度来看,将 RMS 单独抽象出来与实际的企业应用环境是吻合的。针对已有的 WFMS 提供的组织建模或资源管理能力,可将其视作 WFMS 物理上内置、逻辑上独立的 RMS 模块。

(2)行为实体之间的关系

WFMS 与资源之间在运行时通过基于任务的协作,共同完成业务过程。

RMS 为 WFMS 提供在过程定义或执行时期必要的“资源查询”服务,查询服务可以通过 2 个具体的场景来阐述:

1)在定义“贷款结算”时,通过资源查询服务浏览公司的组织结构,并确定由“结算部”的“出纳员”来执行“登记放款申请”的任务,由该“出纳员”所在工作组的“组长”来执行“审核放款申请”的任务。

2)在个案贷款结算过程的执行期间,WFMS 将根据分派规则的定义,向 RMS 动态查询谁是“登记该个案放款申请的出纳员所在工作组的组长”,然后将该个案的审核放款申请任务进行分派。

(3)数据信息、数据元模型、及相互间的关系

WFRM 包括 2 个部分的数据信息:“资源定义”和“分派规则”,它们定义并存储在 WFMS 中。与之对应的是 2 类数据元模型:资源元模型(resource meta-model)和分派元模型(assignment meta-model)。wfrM 还涉及 2 种外围的数据信息:WFMS 拥有的“过程定义”和 RMS 拥有的“资源目录”。

“资源定义”和“分派规则”都是“过程定义”的必要组成部分;“资源定义”与“资源目录”同样都是对资源的描述,相互之间存在着映射关系,但二者的关注点却存在显著的差异:前者是从 TOC 的角度按照 WFMS 所需要的信息结构去描述资源,而后者则是从企业资源建模的角度来全面地描述资源的各方面信息属性。

2.3 WFRM 领域的深层次问题

在分析 WFRM 基本问题域的基础上,结合对国内外研究现状的认识,该领域还存在许多深层次的问题需要进一步的研究和探索:

(1)WFRM-TOC 模式

现有的资源模式研究虽然也涉及很多 WFMS 和资源动态交互的行为模式,但还存在两方面的不足:

1)这些归纳的模式其系统性和结构化程度不够,往往把许多难度的问题混淆在一起作为模式提出来;

2)这些模式是以 WFMS 为中心的角度推导出来,对资源的参与程度考虑不全面。

如何从 TOC 的角度出发,对 WFMS 与资源之间的协作模式、通信模式、异常处理模式、动态数据结构进行全面的结构化分析,是研究 WFRM 领域的关键和基础。

(2)资源建模

现有对组织模型或通用资源模型的研究,普遍倾向于从企业资源建模的角度来全面地描述资源的各方面信息属性,而不是着眼于 workflow 本身对资源的实际需求、以 WFMS 与资源之间的关系为中心问题。因此,这些模型与企业应用环境之间存在高度的耦合,不能适应实际情况中组织结构或资源结构的多样性、灵活调整与变迁。

如何建立一个形式化的资源元模型,以满足 WFMS 与资源之间 TOC 的需要,并通过 RMS 与企业资源目录(模型)建立松散耦合式的映射关系,是资源建模的重点。

(3)分派规则建模

分派规则建模的主要问题在于:如何依据 WFRM-TOC 模式分析和资源建模的结果,建立分派元模型,实现分派规则的形式化。另外,分派规则与外界模型之间的一致性检测(比如:与访问控制规则的冲突检测)、优化算法的嵌入等也是需要解决的问题。

(4)资源查询模式

由于 RMS 的引入,使得一些具体问题相继产生,比如:WFMS 如何在定义期从 RMS 获取资源目录,WFMS 如何在执行期在 RMS 的帮助下实现资源的具体化等。可以尝试在模式分析的基础上,实现动态资源查询的形式化。

(5)WFRM 组件建模

WFRM 组件建模涉及到两方面的问题:

1)如何在 WFRM-TOC 模式和资源查询模式的基础上确定 WFMS 和资源的行为模型并将其物理化为具体的组件接口。

2)如何构造 WFMS 的结构模型,实现运行时的资源管理与分派。尤其是在大规模、高并发、复杂异构的应用环境下,如何构造、优化 WFMS 结构模型,以保证运行时资源管理与分派的品质要求,是非常重要的。

3 结束语

WFRM 是 workflow 系统的重要研究分支,笔者尝试从 TOC 的角度来看待 WFRM 问题,并试图用系统化的方式来定义 WFRM 的基本问题域,为后续的深入研究提供了结构性的基础框架。

引入 TOC 的意义在于提供了一个独立的、完整的抽象层次来看待 WFRM 问题,从而为这一领域中许多原来看似零散的现象提供了一个结构化的、有机的包容框架。

另外,从 TOC 的角度研究 WFRM 问题,还为今后实现“对等式协同业务过程”提供了可能。WFMS 应用将日益广泛,但在企业间应用整合的同时推动下,WFMS 和资源本身经常交叉,整个的业务过程在很大程度上将以“对等”的方式在多方之间协作完成。这种局面下,正需要从协作的层次来发展这种新的 workflow 技术。

从 BPM 的业务过程全生命周期观点来看,研究重心集中在过程的定义期和执行期,而对于过程仿真和过程评估等反馈性环节中的界定资源问题,则并没有涉及。

因为过程的定义与执行目前依然是 workflow 或 BPM 领域的首要问题,并且与实际的业务应用环境存在紧密的关联,

(下转第 63 页)