

workflow 管理系统的设计研究

李 珩 杨 丹 方蔚涛 胡 月 汪显伟

(重庆大学虎溪校区网络信息中心 重庆 400030)

摘 要 本文就 workflow 管理系统的建设,提出了一套较为完整、系统的理论方法。对 workflow 管理系统建设中各种关键技术的重要环节进行了详细的分析,提出了 workflow 管理设计需要遵循的规范和门户的工作原理。

关键词 workflow, workflow 管理系统,过程定义,流程定义

Design and Research of Workflow Management System

LI Heng YANG Dan FANG Wei-tao HU Yue WANG Xian-wei

(Department of Information Center, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract This article gives a complete, systematic and practical method for workflow management system(WFMS). It utilizes the key technologies in WFMS and gives detailed explanations on key problems; also it gives a standard which a WFMS should obey and what is the principle.

Keywords Workflow, Workflow management system, Process difinition, Flow difinition

1 引言

workflow (Workflow)的概念是企业管理(Enterprise Management)中为提高工作效率而产生的,它通过先进的电子通讯和网络技术,尽量使得企业中并行任务的执行过程能够线性化。如果从用户使用的角度来看,就相当于特定的任务送到用户的桌面,用户可以使用一些应用工具来存取和处理数据,并按照要求执行任务,最后将执行结果传递给下一用户;这样,一步一步下去,就形成了相应的“workflow”。

workflow 管理最早起源于 20 世纪 80 年代初期的表单传递系统。当时,个人计算机作为信息处理的工具尚未普及,人们为了提高信息收集、处理、存储、应用、传递、共享的效率,而希望建立一种无纸化的计算机工作环境,于是一些公司建立了自己专用的或可商品化的表单传递应用系统(Forms-Rooting Application),这些系统通常运行在大型机或小型机上,用于实现日常表单处理的电子化和自动化,这种系统可以看成是现代 workflow 管理系统的一个雏形。

80 年代中期,FileNet 和 ViewStar 等图形图像处理公司率先开拓了 workflow 产品市场,成为最早的一批 workflow 产品供应商。他们把图像扫描、复合文档、结构化路由、实例跟踪、关键字索引以及光盘存储等功能结合在一起,形成了一种用于文档处理的图像处理系统,它可以把扫描得到的计算机文档按照一定的规则发送给相关人员,这便是早期的 workflow 管理系统。FileNet 于 1984 年推出的 Workflow Business System, ViewStar 于 1988 年推出的 ViewStar, Action Technology 于 80 年代推出的 Coordinator 等便是其中的典型代表。

进入 90 年代,workflow 管理系统也由最初的创造简单的无纸办公环境转而成为同化企业复杂信息环境,实现业务流程自动执行的必要工具。1993 年 workflow 技术的标准化组织,workflow 管理联盟 WfIvC(Workflow Management Coalition)的成

立,更标志着 workflow 技术在计算机应用领域之中被明确地划分出自己的一席之地,相应的概念和术语得到人们的认可,把 workflow 的技术研究以及相关的产品开发带入了一个崭新的阶段。

2 workflow 平台的理论体系

2.1 workflow 的概念

workflow 是一类能够完全或者部分自动执行的经营过程,它根据一系列过程规则、文档信息或任务,能够在不同的执行者之间传递与执行。它也是一种反映业务流程的计算机化的模型,是为实现经营过程集成与经营过程自动化而建立的、可由 workflow 管理系统执行的业务模型。其特征为:

- workflow 是面向业务过程的技术,这与传统的面向功能的管理技术不同。

- workflow 反映了业务过程的自动化,描述的是可由计算机系统支持运行的业务过程。

- workflow 根据业务规则将系统中的各种资源相互关联,并协调完成整个业务过程。

2.2 workflow 的设计模式

软件界出现的模式一词源于加利福尼亚大学伯克利分校的一位建筑学家亚历山大·克里斯托。他发展了一系列建筑学上的模式理论并出版了多部著作。Christopher Alexander 说:“每一个模式描述了一个在我们周围不断重复发生的问题,以及该问题的解决方案的核心。这样,你就能一次又一次地使用该方案而不必做重复劳动”。尽管 Alexander 所指的是城市和建筑模式,但他的思想也同样适用于面向对象设计模式,只是在面向对象的解决方案里,用对象和接口代替了墙壁和门窗。两类模式的核心都在于提供了相关问题的解决方案。

workflow 模式,是脱离特定的 workflow 语言,以一种规范的工

李 珩 硕士生,主要研究企业应用集成;杨 丹 教授,博士生导师,主要研究领域为企业信息化;方蔚涛 博士生,从事数据挖掘等方面的研究;胡 月 博士生,主要研究数字图像处理;汪显伟 硕士生,主要研究网络信息安全。

作流风格表达式描述业务上的需求。类似 Gof 在设计模式中提出的定义, 工作流模式是对实践工作流实现中具有共同结构的成功方案的理论抽象和经验总结, 是工作流过程中功能实现的最小单元。

通过对 22 种常见工作流模式的分析比较, 有 5 种最基本的工作流模式:

1. 顺序流向: 一个步骤完成后, 无条件地流向固定的下一步骤。
2. 选择分流: 一个步骤完成后, 按一定的条件流向不同的下一步骤。
3. 并发分流: 一个步骤完成后, 同时激活多个后继步骤, 即多人分工同时工作的情形。
4. 选择汇合: 若干个步骤完成后, 都流向步骤 C, 而只要这些步骤中有一个完成了, 步骤 C 就可以开始。
5. 并发汇合: 若干个步骤完成后, 都流向步骤 C, 只有当这些步骤都完成了, 步骤 C 才可以开始。

2.3 工作流的参考模型

根据 WFMC 提出的理论, 工作流参考模型由五个部分组成。

- 过程定义工具: 用来定义工作过程, 是业务过程的计算机形式表示, 也叫工作流模型;
- 工作流执行服务: 是工作流管理系统的核心, 它借助一个或者多个工作流引擎, 来激活并解释过程定义的全部或者部分, 提供了过程实例执行的运行环境;
- 工作流客户应用: 是指用户操作工作流管理系统分配的任务或者活动的功能;
- 工作流机直接调用的应用: 是指工作流执行服务在过程实例的运行过程中调用的, 用以对应用数据进行处理的应用程序;
- 工作流管理工具: 其功能是对工作流管理系统 (WFMS) 中过程实例的状态进行监控与管理。

工作流参考模型的引入为人们讨论工作流技术提供了一个规范的术语表, 为在一般意义上讨论工作流系统的体系结构提供了基础; 工作流参考模型为工作流管理软件的关键软件部件提供了功能描述, 并描述了关键软件部件交互, 而且这个描述是独立于特定产品或技术的实现; 从功能的角度定义五个关键软件部件的交互接口, 推动了信息交换的标准化, 使得不同产品间的互操作成为可能。

3 工作流管理系统的设计

3.1 工作流管理系统的概念

工作流管理系统指运行在一个或多个称为工作流引擎的软件上的用于定义、实现和管理工作流运行的一套软件系统, 它和工作流执行者 (人、应用) 交互, 推进工作流实例的执行, 并监控工作流的运行状态。在很大程度上, 工作流管理系统为企业的业务系统运行提供一个软件支撑环境, 非常类似于在单个计算机上的操作系统。只不过工作流管理系统支撑的范围比较大、环境比较复杂而已, 所以也有人称工作流管理系统是业务操作系统 (BOS, Business Operating System)。在工作流管理系统的支撑下, 通过集成具体的业务应用软件和操作人员的界面操作, 才能够良好地完成对企业经营过程运行的支持。所以, 工作流管理系统在一个企业或部门的经营过程中的应用过程是一个业务应用软件系统的集成与实施过程。

工作流管理系统可以用来定义与执行不同覆盖范围 (单个工作者、部门、全企业、企业间)、不同时间跨度 (分钟、小时、天、月) 的经营过程。这完全取决于实际应用背景的需求。按照经营过程以及组成活动的复杂程度的不同, 工作流管理系统可以采取多种实施方式, 在不同的实施方式中, 所应用的信息技术、通信技术和支撑系统结构会有很大的差别。工作流管理系统的实际运行环境可以是在一个工作组内部或者在全企业的所有业务部门。

3.2 总体框架设计

3.2.1 过程建模

过程建模是整个工作流管理系统的基础环节, 它直接决定了整个工作流管理系统的应用范围和适应能力。过程模型是基于有限状态机理论的, 有限状态自动机可以表示为一个有向图, 相应地, 也可以将企业的业务流程表示成有向图的形式, 该图由表示活动的节点和表示活动间顺序关系的连接弧组成。从一个节点转到后续的结点有时候需要一定的条件, 这些条件也应当在流程定义时以属性或表达式的形式附加在节点上, 运行的时候根据取出过程模型中的属性或者表达式的值进行计算, 根据计算结果决定流程的走向。其中, 每个节点在一定时刻拥有的相关数据的集合称为一个“状态”。

我们将一个过程的状态归纳为初始、就绪、执行、挂起、终止和完成六种状态。

过程状态之间的状态切换关系如图 1。

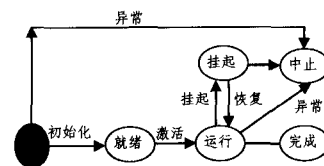


图 1

工作流引擎实质上是一个状态转换引擎, 它是根据不同的外部事件 (如启动流程、完成任务等) 来修改数据库中工作流实例的状态数据, 进而实现过程和活动的状态切换。

3.2.2 流程定义语法

工作流定义语言的基本元素包括基本数据类型、表达式、逻辑操作符、参数等的定义、过程和活动定义、转换条件、工作流相关数据和工作流参与者等。过程定义要求能够针对企业中可能出现的所有业务流程模式进行描述和定义, 比如相关活动执行过程中的先后顺序或者互斥关系等。

参考 OSWorkflow 的流程定义语法, 通过节点定义中的标签属性来表示对流程步骤的参与权限检查和流程导航控制; 而通过不同属性结合可以有效控制流程跳转和实现业务的并行处理, 这些定义机制配合起来共同实现流程的灵活定制。

3.2.3 工作流控制模型

工作流模型是对工作流的抽象表示, 描述了企业的经营过程。工作流建模阶段的任务就是利用一定的建模方法和工具, 将企业的实际经营过程计算机化。一般来说, 对工作流模型进行评价的标准包括: 表达能力是否强大、是否容易理解、是否具有最小化特征和能否进行灵活的形式化定义等四条标准。其中, 模型的表达能力是指模型需要提供丰富的建模概念, 使得由大量约束集合而成的元素能够在模型中被直接表达出来; 最小化是指模型中的概念不重叠, 每一个基本概念都有特定的意义。

工作流引擎包括控制模型及数据模型两部分。控制模型是工作流引擎的核心,负责任务的调度、任务指派、依赖检查及转发控制。工作流引擎的控制模型可以将组织模型和信息模型有机地结合在一起,它根据业务规则对业务过程中的各项活动进行导航,进行任务分配。下面给出工作流引擎控制中心的结构图。

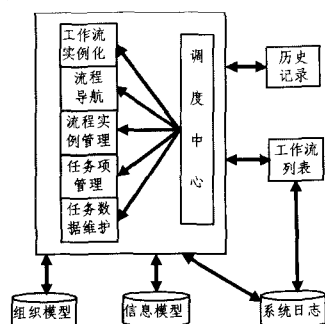


图 2

调度中心接受应用程序中对流程的控制请求(如流程实例化、获取任务项、结束任务等),它根据具体的请求调用相应的功能模块处理用户的请求,调度中心可以看作是一个多线程的并发服务器。

3.3 系统功能模块设计

3.3.1 技术路线

本次课题基于 J2EE 平台开发,整个系统划分为表现层、业务逻辑层、数据持久层。

其中数据层存放系统所有的数据,包括流程、表单、流程实例、表单实例、用户组织模型、应用日志等,这些数据以及它们之间的关系都保存在数据库中。

业务层提供流程管理服务、表单管理服务、工作流引擎、用户管理服务、权限管理服务、应用管理服务和日志服务。业务逻辑层由 Spring 框架负责进行 JavaBean 管理,数据持久化层采用 Hibernate 技术。

表示层采用的技术是 Tapestry 技术,负责提供访问系统的图形界面,包括表单定制工具、流程工具、管理工具等。其中表单定制工具提供表单的定义、修改和删除功能;流程管理工具是指流程实例的管理;系统配置工具包括用户管理、权限管理、应用管理等方面。

3.3.2 核心类的设计

在系统开发过程中,组件类的设计过程中应该采用面向对象的程序设计方法,要求最大程度的信息隐藏和数据封装,做到模块的高内聚,低耦合,即把对象的属性隐藏在操作该属性的方法后面,把“方法”作为对象与外界的界面。面向对象设计的核心就是面向接口的编程,在接口定义组件对外提供的服务,组件的实现部分由具体实现类通过实现该接口来完成特定的业务逻辑。对于工作流系统来说,根据工作流的不同概念,还需要抽象出工作流服务、表单服务、模板服务等流程服务类,对外提供流程控制服务。

3.3.3 访问控制

工作流是复杂多任务协同建模的一种有效方法。近年来,其理论研究和应用开发发展迅速。工作流系统的任务由特定的用户按照一定的组织规则执行。为了保证任务执行的安全性,实施组织安全政策(policy)的访问控制模型是工作流系统(WFMS)必不可少的重要组成部分。访问控制主要通过访问授权约束实现组织安全政策,使获得权限的用户在满足

所有约束前提下执行相应的操作。虽然已有许多访问控制模型(如 DAC,MAC,RBAC 等),但目前最适合工作流系统的是基于角色的访问控制模型(RBAC),本文在此基础上提出了一种工作流系统带权角色与周期时间访问控制模型(简称 RTAC)。

RTAC 模型通过对执行任务的角色和用户赋予权值以表达到同一工作流任务实例的一次执行中,同一角色(用户)必须激活同一任务实例的次数,即任务执行的事务完整性约束。引入角色(用户)局部序关系,实现了多角色(用户)执行同一任务的序约束,通过对授权有效性实施周期时间限制来表达执行任务授权的周期时间约束。使用时态授权推导规则可以从显式授权推导出隐式授权,实现了任务执行的最小权限授权原则,并能够有效避免工作流过程建模中太多的任务分解,减少任务调度。

在 RTAC 模型中,工作流基本角色授权是一个四元组 $\text{grant} = (\text{task}, (\text{roleset}(\text{task}), \prec_r), (\text{user}(\text{task}), \prec_u), n)$, 其中 $\text{task} \in \text{TASK}$, $\text{roleset}(\text{task}) = \{r \mid (\text{task}, r) \in \text{TRA}\} \subseteq \text{ROLE}$ 是执行 task 的最小角色集合, $\prec_r$ 是 $\text{roleset}(\text{task})$ 上的局部角色偏序关系,表示角色激活任务的序约束。对 $\forall r_i, r_j \in \text{roleset}(\text{task})$, $r_i \prec_r r_j$ 表示 r_i 优先于 r_j 激活任务 task 。 $\text{user}(\text{task}) = \{u \mid (\text{task}, u) \in \text{TUA}\} \subseteq \text{USER}$ 是执行 task 的用户集合, $\prec_u$ 是 $\text{user}(\text{task})$ 上的局部用户偏序关系,表示用户激活任务的序约束。对 $\forall u_i, u_j \in \text{user}(\text{task})$, $u_i \prec_u u_j$ 表示 u_i 优先于 u_j 激活任务 task 。 n 是 task 成功执行一次必须激活的总次数。工作流带权角色授权是一个三元组 $\text{wgrant} = (\text{grant}, \text{weight}_r, \text{weight}_u)$, 其中 grant 是工作流的基本角色授权,函数 $\text{weight}_r: \text{TASK} \times \text{ROLE} \rightarrow \mathbb{N}_0$ 是角色关于任务的权函数,对 $\forall \text{task} \in \text{TASK}$, $\forall r \in \text{ROLE}$, 如果 $r \in \text{roleset}(\text{task})$, 则 $\text{weight}_r(\text{task}, r)$ 表示在 task 的一次执行中 r 必须激活 task 的次数。函数 $\text{weight}_u: \text{TASK} \times \text{USER} \rightarrow \mathbb{N}_0$ 是用户关于任务的权函数,对 $\forall \text{task} \in \text{TASK}$, $\forall u \in \text{USER}$, 如果 $u \in \text{user}(\text{task})$, 则 $\text{weight}_u(\text{task}, u)$ 表示在 task 的一次执行中 u 必须激活 task 的次数。工作流带权角色周期时间授权是一个二元组 $\text{wpgrant} = (([ts, te], P), \text{wgrant})$, 其中 $[ts, te], P$ 是周期时间, wgrant 是工作流带权角色授权, wgrant 只在 $\text{TPS}([ts, te], P)$ 内的每一个时间点有效。

3.3.4 数据模型

数据模型对数据和信息的模型化。在数据库中用数据模型这个工具来抽象、表示和处理现实世界中的数据和信息。数据模型分为概念模型和数据模型两种层次,概念模型也称信息模型,它是按用户的观点来对数据和信息建模,通常用 E-R 图进行表示。数据模型,主要包括网状模型、层次模型、关系模型等,它是按计算机系统的观点对数据建模。

与工作流管理系统相关的有以下三种类型的数据:

(1) 工作流专用数据

主要包括工作流定义数据(流程过程,活动,对应的参与者,路由,条件表达式,其它相关数据);工作流实例化过程中产生的实例数据(流程实例,流程状态,所执行的活动实例,活动状态,参与者实例)。这些数据只被工作流引擎和工作流应用程序所使用,独立于其它子系统。

(2) 系统业务数据

指工作流管理系统中需要被工作流使用的数据,包括企业组织结构、角色人员信息,以及工作流应用过程中产生的最终业务数据。

(3) 系统业务临时数据

workflow 执行过程中产生的业务数据,由于 workflow 处于活动状态,在未结束之前,这些数据属于临时数据,还未归档,当 workflow 执行结束,临时数据将删除。若一些特殊流程需要保留过程数据作为日志参考,则保留临时数据。

3.3.5 异常处理

企业业务过程的不断复杂和多变使得异常处理问题在 workflow 系统中无法避免。workflow 异常可以定义为一种对正常 workflow 流程状态的偏离,这种偏离主要指 workflow 实例运行状态与其原始定义的不一致,在某些特殊情况下(如 workflow 模型动态演进),也可能指与所期待状态的不一致。

异常处理是指在异常发生后,由 workflow 系统提供一套机制,通过人工和自动处理相结合的方式,使 workflow 重新回复到正常流程或预期状态的方法。通常,异常处理过程可能采用的操作包括:忽略、重试、修改实例、后向恢复、修改模型。

workflow 模型定义了其组成任务(包括活动与子过程)的各种执行属性。为了满足异常处理的要求,我们在 workflow 模型中加入任务的事务特征和异常处理属性定义。其中包括任务执行失败后的回退(Rollback)属性,由于并非所有的任务都是原子性的,因此在任务执行失败后需要取消任务失败所产生的影响;任务执行完成后的补偿(Compensate)属性,可以在后向恢复时将已经完成的任务的影响消除,恢复到未执行状态;任务失败后的重试(Retry)属性;以及该任务所有可以引发的异常和提供的异常处理过程。

结束语 workflow 管理系统的构建与设计是一个比较复杂的过程,灵活运用各种技术,充分了解企业的内部需求,才能构建出合理实用的 workflow 管理系统。本文从 WFMS 的理论出发,提出了设计 WFMS 的一般方法和技术手段。workflow 管

理系统作为一个新兴的研究领域,在随着计算机技术和网络技术的迅猛发展,以及伴随着市场竞争的加剧,企业对提高生产质量、缩短生产周期等的强烈要求,使之成为企业界和研究领域的热门话题。因而,研制符合我国国情的工作流管理系统并有效地应用于各类企业,提高企业效益和竞争能力,将是我国信息化应用中一个非常有意义的课题。

参考文献

- [1] Workflow Management Coalition. The workflow reference model. WfMC TC00-1003, 1994
- [2] Workflow Management Coalition. Workflow management coalition terminology & glossary. WfMC TC00-1011, 1996
- [3] Workflow Management Coalition. Workflow Process Definition Read/Write Interface. WfMC-WG01-1000, 1995
- [4] WfMC, Reference Model Interface 4 Workflow Interoperability. <http://www.wfmc.org/standards/docs/>
- [5] 范玉顺. 工作流管理技术基础. 清华大学出版社, 2001
- [6] 董巧玉, 刘玉树, 等. 工作流系统访问控制技术. 计算机应用, 2003(10)
- [7] 李伟平, 李莉. 工作流系统实现技术研究. 计算机集成制造系统, 2003(8)
- [8] 陈畅, 吴朝辉. 工作流管理规范综述. 计算机科学, 2000, 27
- [9] Workflow management Coalition, Interface 1: Process Definition Interchange Process Model (WfMC-TC1016-P). Technical port. 1998; 1-10
- [10] Bertino E, Ferrari E, Atkuri V. The specification and enforcement of authorization constraints in workflow management systems. ACM Transactions on Information and System Security, 1999, 2(1): 65-104

(上接第 292 页)

定的。中国电子商务立法只有争取与国际立法接轨,才能参与全球性的经济竞争。新加坡的《电子交易法案》几乎全部吸收了《电子商务示范法》的有关规定,同时根据《电子商务示范法》的精神增加了一些内容,如网络服务提供者责任、认证机构及数字签名的法律标准和验证、电子记录和签名的政府作用等;像《美国电子商务纲要》第四原则所述,政府应该承认 Internet 的独一无二的特征,现有的法律规章凡属可能妨碍电子商务发展者均应修订。

2. 研究《电子商务示范法》尚未涉及的问题

《电子商务示范法》尚未涉及的法律问题,一般指未发出通知或通知错误的责任问题、电子提单问题、合同订立的时间和地点、要约和承诺问题,还有税收、金融、信息安全、市场准入、知识产权、司法管辖和国际协助消费者权益保护问题等。

此外,中国的电子商务立法还应遵守以下原则:

1. 体现国家意志,把国家利益放在第一位;
2. 有利于电子商务发展,而不是制约和阻碍;
3. 立法要有远见,要科学,更具可操作性;
4. 基础性、紧迫性的法律法规应优先考虑。

通过社会各方面的努力,克服包括法律在内的各种瓶颈,电子商务将实实在在、更有深度、更大规模地改变人类社会、经济、管理、服务等方面,也将最终从根本上改变人类的通信、

学习、工作和娱乐的方式,从而真正实现助飞中国。

结束语 上述瓶颈问题都会对电子商务造成严重的影响,故都不容忽视,必须正视、重视、研究并逐步解决这些瓶颈问题。舍此,将难以使电子商务伴随计算机技术、网络技术、通信技术的广泛使用和快速提高而不断发展,使中国电子商务发展进程能与世界科技、经济发展中的全球电子商务发展进程潮流相同步。

参考文献

- [1] 周启海, 周屹. 中国电子货币与电子商务的和谐、互动与双赢初探[J]. 理论月刊, 2005(3): 82-84
- [2] Zhou Qihai, Lu Domg. On Some Major Problems in Electronic Money // The Proceedings of the 2nd China and America forum on Electronic Commerce. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics Press, 2004
- [3] 周启海. 中国电子货币微观成本与宏观安全机制亟待创新 // 2004 中国国际电子商务高学术交流会论文集. 厦门: 学会, 2004
- [4] 尹龙. 网络银行与电子货币——网络金融理论初探. 博士论文. 成都: 西南财经大学, 2002
- [5] 张宽海. 网上支付与结算. 北京: 高等教育出版社, 2007
- [6] 王慧. 电子商务交易过程中的信用风险博弈分析. 市场周刊·研究版, 2005: 72-73