

基于工作流的知识流建模与控制*

张晓刚¹⁺, 李明树^{1,2}

¹(中国科学院 软件研究所 互联网软件技术实验室,北京 100080)

²(中国科学院 软件研究所 计算机科学重点实验室,北京 100080)

Workflow-Based Knowledge Flow Modeling and Control

ZHANG Xiao-Gang¹⁺, LI Ming-Shu^{1,2}

¹(Laboratory for Internet Software Technologies, Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

²(Laboratory of Computer Science, Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-82620803, E-mail: xiaogang@itechs.iscas.ac.cn, <http://itechs.iscas.ac.cn>

Received 2003-09-28; Accepted 2003-11-11

Zhang XG, Li MS. Workflow-Based knowledge flow modeling and control. *Journal of Software*, 2005,16(2): 184-193. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/16/184.htm>

Abstract: Knowledge flow is the knowledge creation, distribution, and reuse among participants. In knowledge intensive organizations, business process control and knowledge assess management are closely related to each other. Workflow management is an important technology for business process control. Yet knowledge management mechanisms can not be represented by current workflow process definition meta models. An innovative extended workflow process definition meta model is first proposed for integrating the above two aspects. Based on that, modeling and control of knowledge flows are studied. A knowledge flow modeling approach is proposed by using five kinds of knowledge flow components to represent knowledge distribution and reuse, cooperation and communication among participants. To deal with dynamic elements in knowledge flows, an adaptive knowledge flow control approach with corresponding algorithms is proposed based on resource constraints, changes of knowledge requirements, and time constraints. This paper presents a beneficial approach for the effective integration of workflow and knowledge management technologies.

Key words: knowledge flow; workflow; workflow meta process model; knowledge flow engine; knowledge management

摘要: 知识在多个参与者之间的产生、传播与应用称为知识流.在知识密集型组织中,对业务过程的控制和对知识资产的管理具有紧密的依赖关系. workflow管理是实现业务过程控制的重要技术.当前的工作流过程元模型不支持对知识管理机制的表示.为此,提出了一个扩展的工作流过程元模型,以支持业务过程控制与知识管理的集成.在此

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60273026 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant Nos.2001AA113180, 2002AA413520 (国家高技术研究发展计划(863))

作者简介: 张晓刚(1972-),男,辽宁鞍山人,博士生,主要研究领域为智能软件工程,知识管理;李明树(1966-),男,博士,研究员,博士生导师,主要研究领域为智能软件工程,实时系统.

基础上,对知识流的建模与控制进行了深入的研究,提出了一种知识流建模方法,通过 5 类知识流单元对知识传递与重用、人员协作与交流进行表示。针对知识流中的动态因素,研究了基于资源约束、知识需求变化和时间约束的知识流控制方法,以实现自适应的知识流控制,并给出了有关算法,为 workflow 技术与知识管理技术的有效结合提供了一个有益的途径。

关键词: 知识流;工作流;工作流过程元模型;知识流引擎;知识管理

中图法分类号: TP311 **文献标识码:** A

工作流技术是组织实现业务过程建模、重组和执行的重要技术,其作用主要包括:改善对过程的控制,便于异步和并发地开展业务,提高工作效率,降低业务成本,提高服务质量和用户满意度等^[1]。有鉴于此,工作流技术在各类组织中得到了广泛的应用,对知识密集型组织的业务发展也起到了极大的推动作用。随着技术的发展和竞争的加剧,知识管理成为知识密集型组织中业务过程管理以外的另一项重要实践内容。通过知识管理,组织能够将业务过程中产生的大量知识转化为知识资产,以此获得持久的回报。通常,把知识在多个参与者(组织内或组织间)之间按照一定的规则或流程的产生、传播与应用称为知识流(knowledge flow)。对知识流的管理是一种积极的知识管理,能够促使组织经验和能力跨越时间、空间和组织机构进行传递^[2],从而有效地改善其业务活动的功效和性能。因此,为实现业务过程控制和知识管理,需要工作流技术与知识流技术的有机结合,以协调解决以下 3 个关键问题:(1) 将业务过程控制与知识管理过程相集成,(2) 促进知识成果的及时共享,促进人员间的协作与交流,(3) 对人员知识需求的不确定性、知识产生的动态性的有效处理。

在工作流与知识流的结合方面已经有了一些相关研究。文献[3]提出了一种面向知识共享的知识流模型,通过一个规则层建立工作流与知识流的映射,从而实现二者的集成。文献[4]将知识应用与交互业务看成一种复杂的协作式工作流,研究了对应于知识聚合与再生的过程单元,并在此基础上讨论了该类工作流系统的建模与控制。此外,通常采用信息发布技术中的推送(push)方法来实现简单的知识流管理,即将信息自动向相关人员进行传递,以减少人员在搜索方面的投入,并避免不必要的知识传递;识别人员的知识需求是此技术的主要研究内容。文献[5]研究了一种基于动态组织邮件列表和特征匹配实现信息过滤与传播的方法。文献[6]以企业模型为基础,根据组织任务间的逻辑关联来判断人员或角色的知识需求,进而实现人员间的知识传递。

实际上,由于工作流技术中的主体是业务过程,因而,它在实现对显式的业务过程知识进行管理(通过工作流过程定义)的同时,并不支持对普遍意义上的知识进行灵活管理(即知识流的管理)。同时,已有的相关研究中还缺乏系统的知识流建模与控制方法。因而,我们研究了一种以扩展的工作流过程元模型为基础对知识流进行建模与控制的方法,基于对工作流有关信息的充分利用,实现工作流技术与知识流技术的有机结合,从而有效地解决了上述 3 个关键问题。

本文第 1 节论述一个扩展的工作流过程元模型。第 2 节提出一种相应的知识流建模方法,通过 5 类知识流单元来对组织知识传递和重用、人员间的协作与交流进行系统地表示。针对业务过程和工作流中的动态因素,第 3 节论述知识流的自适应控制方法与有关算法,以保证知识流的有效性。

1 工作流过程元模型的扩展

工作流管理联盟(workflow management coalition,简称 WfMC)定义了一个工作流过程元模型(如图 1 所示),通过活动、转换条件、角色、工作流相关数据、被调应用 5 类元素描述工作流的组成及逻辑关系^[7]。该模型适于描述具有标准、稳定的流程和输入、输出的业务,以利于业务过程能够一致、准确、高效、可靠地执行。工作流技术主要关注于对业务过程的描述与控制,知识在组织层次的管理不是其研究目标。因而,已有的工作流过程元模型并不支持对知识产生、传播和应用等知识管理各环节的表示。为此,我们对 WfMC 的工作流过程元模型进行相应的扩展,以使知识管理机制能够在工作流模型中得到适宜的描述。

为对工作流过程元模型进行扩展,我们首先对知识流的特征进行分析。人员、知识需求、知识是知识流中的重要元素。知识是和人员相关的,工作流中的被调应用需要的不是知识,而是输入信息或数据。知识需求来源

于知识应用的场景(即特定的业务活动)和待解决的问题,对知识需求的表示和存储有利于知识的发现和重用;同时,以知识需求为依据联系起相关人员是实现隐式知识管理和知识传递的关键.在组织中,知识需求、知识和人员处于动态变化中,具有不确定性和随机性,比如新需求的提出、人员协作中新知识的产生、人员的状态变化(如人员的增减),这些都对知识流的结构和执行情况产生影响.我们通过图 2 对前述知识流特征进行说明.图 2 中,Actor 轴表示具体的组织人员,Knowledge Requirement 轴、Knowledge 轴分别表示知识需求和知识.知识需求和知识的交点(如点 c)表示二者之间的满足关系.图中的点 a, b 蕴含了知识流的动态性:人员 A_1 和 A_2 具有同一知识需求 R_1 ,当点 a 的需求提交时间晚于点 b 的需求提交时间并先于后者正常停止时, A_1 获取的知识必然需要及时传递给 A_2 ,以供借鉴或重用.

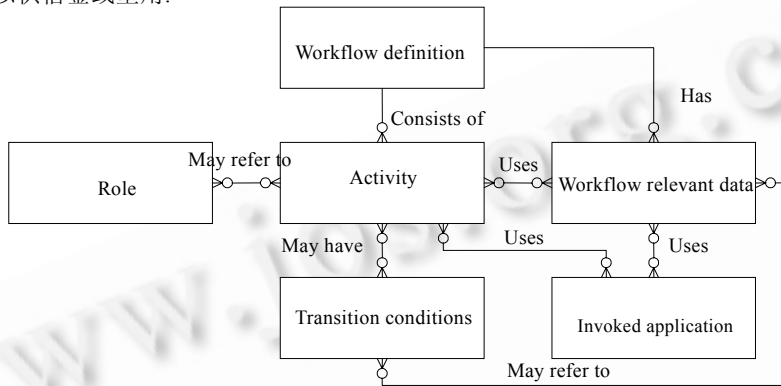


Fig.1 Workflow meta process model of WfMC

图 1 WfMC 的工作流过程元模型

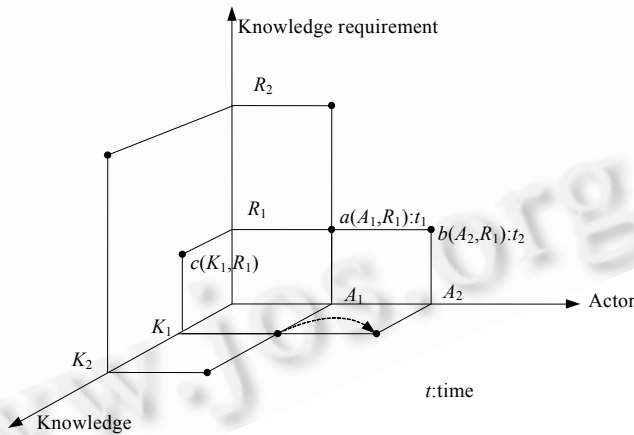


Fig.2 Dynamic relations among knowledge flow related elements

图 2 知识流相关元素与元素间动态关系

从上面的讨论可知,知识需求与知识之间存在着对应关系.同时,在工作流中,角色与人员之间存在着对应关系.基于此,我们对 WfMC 的工作流过程元模型进行扩展,定义了图 3 所示的扩展工作流过程元模型.该元模型引入了两类新的元素:知识需求和知识流引擎,其他元素的含义与 WfMC 的工作流过程元模型中对应元素的含义相一致.

知识需求(knowledge requirement),是指角色为完成特定活动而对有关知识的需要,其属性主要有名称、类别、描述、需求人员、所属活动及相应的时间约束等.时间约束与活动执行中的时间约束相关联,以实现与活动执行相同步的知识服务.知识需求与角色之间是多对多的关系,即一个角色在同一活动中可以具有多个知识需求,一个知识需求可以为多个角色所拥有.知识需求可以在工作流的定义阶段基于组织经验和最佳实践而指

定,也可以在工作流的执行阶段由具体的参与人员提出.知识需求中的知识,是指对完成特定活动、实现某个目标具有促进作用的、能够对实践具有指导意义的信息,因而它不同于工作流相关数据,后者只是作为过程活动的附属信息或执行条件来推进工作流实例的执行.

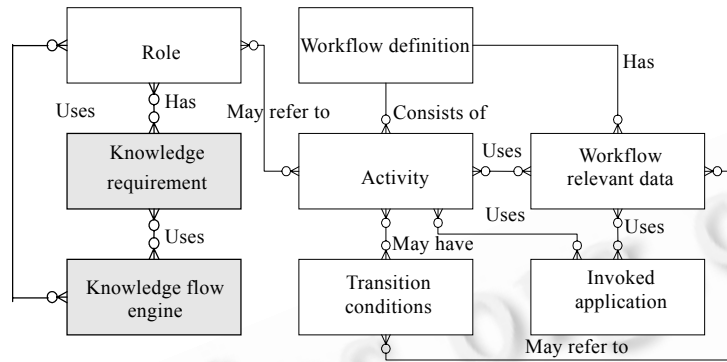


Fig.3 Extended workflow meta process model

图3 扩展的工作流过程元模型

知识流引擎(knowledge flow engine),是指可以为角色使用、满足角色知识需求的处理机制,其属性包括名称、路径、执行参数等.它可以通过知识需求与角色建立联系,也可以直接与角色相联系(比如获取角色所提交的知识).知识流引擎根据知识需求建立和执行知识流,并调整知识流的结构,为角色在活动执行中提供及时的知识服务.知识流引擎应具有对知识需求、知识、组织人员等要素动态变化的自适应性.将知识流的管理封装于知识流引擎中,有利于对已有的工作流管理系统进行扩展,实现对本元模型的支持.

扩展后的工作流过程元模型为业务过程控制和知识管理的紧密结合提供了基础.它能够描述参与人员在执行活动过程中的知识需求和处理机制,以及时提供完成活动所需的必要知识及帮助.同时,业务过程信息为知识和知识需求的分析提供了可利用的上下文信息,有利于知识流引擎保证知识服务的质量.

2 知识流建模

2.1 知识需求

作为图3所示的扩展的 WfMC 工作流过程元模型所引入的元素之一,知识需求对于知识流建模和后面的知识流控制具有重要意义,因而需要对其作进一步分析.知识在知识源与知识接受者之间的传递以知识需求为基础,因而知识需求是知识流中的决定性因素.根据知识需求产生的时间,我们将其分为预定义知识需求和运行时知识需求两类,定义如下:

定义 1(预定义知识需求). 我们称在工作流的定义阶段,基于组织经验和最佳实践,为工作流的组成活动所指定的知识需求为预定义知识需求.

定义 2(运行时知识需求). 我们称在工作流实例运行阶段,由活动具体参与人员所提出的知识需求为运行时知识需求.

这两类知识需求与工作流的两个阶段相对应,为工作流与知识流之间的紧密关联提供了基础.

2.2 知识流建模

在明确知识需求的前提下,知识源、知识、知识接受者之间得以建立关联,形成由知识源到知识接受者的知识流.同时,这些元素均具有集合的形式,从而使得元素间存在多重、复杂的关联.

定义 3(知识流). 知识流是一个 5 元组 $KF=(S,R,K,D,A)$,其中 $S=\{s_i:i=1,\dots,|S|\}$,表示知识源的有限集,知识源可以是人员、人员组或组织知识库. $R=\{r_j:j=1,\dots,|R|\}$,表示知识需求的有限集. $K=\{k_m:m=1,\dots,|K|\}$,表示需传递的知识的有限集;知识依托或存在于知识源中. $D=\{d_n:n=1,\dots,|D|\}$,表示知识接受者的有限集,可以是人员或人员组;

在特定的组织内,有 $D \subseteq S$,即知识接受者是知识源的子集. $A \subseteq (S \times K) \cup (K \times D)$,表示连接知识源与知识、知识与知识接受者的有向弧 a 的有限集.

在上述定义中,知识源 S 中的人员、知识接受者 D 均对应于 workflow 中的角色,知识需求 R 和知识 K 均产生于 workflow 所描述的业务过程.这些特征反映了知识流与 workflow 之间紧密的内在关联.

为了细致地描述知识流组成元素之间的逻辑关系,反映知识流的多方面特征,进而有利于对知识流的控制,我们抽象出知识流单元的概念,以其作为知识流的基本组成单位.

定义 4(知识流单元). 知识流单元(knowledge flow component,简称 KFC),是指通过有向弧 a 连接起来的知识源 S' 、知识 k_m 、知识接受者 D' ,以满足(或部分满足)知识需求 r_j ,表示为 $a(S', k_m, D', r_j)$.其中,知识和知识需求具有唯一性, $|S'| \geq 1, |D'| \geq 1$,且 $S' \subseteq S, D' \subseteq D$.

我们通过节点和弧两类对象对知识流中的元素进行表示,为知识流提供图形表示方法(如图 4 所示).节点包括两种:实体节点(entity node,简称 EN)和知识节点(knowledge node,简称 KN).实体节点代表知识源和知识接受者.空节点(null node,简称 NN)是一种特殊的实体节点,在没有适用的实体节点时,用空节点来保持结构的完整性.知识节点表示需要传递的知识,分为实知识节点(real-knowledge node,简称 RKN)和虚知识节点(virtual-knowledge node,简称 VKN);RKN 表示当前可用的知识;VKN 表示当前不可用的知识,比如计划内的并且尚未完成的报告文档,或者知识接受者当前不具备访问权限的知识.弧建立起节点之间的连接,弧上的标签表明连接所满足的知识需求.

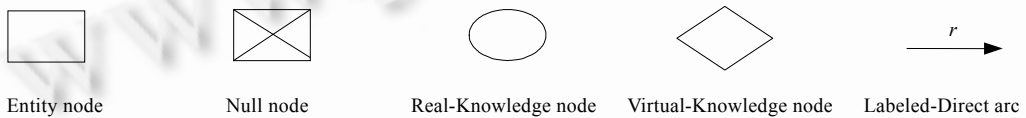


Fig.4 Graphical representation of knowledge flow

图 4 知识流的图形符号表示

我们将知识流单元划分为下列 5 类(如图 5 所示).

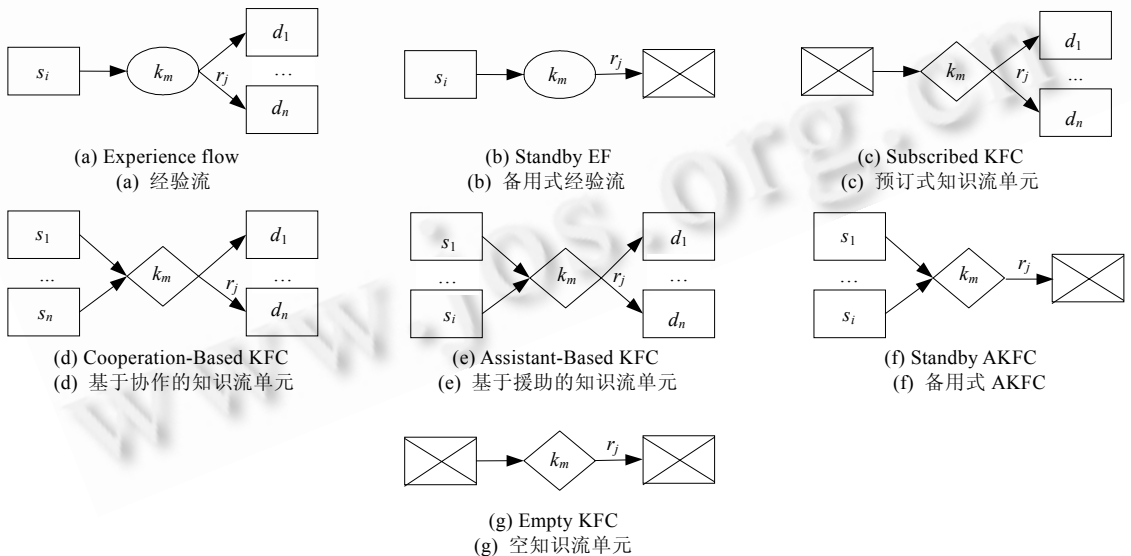


Fig.5 Knowledge flow components

图 5 知识流单元

(1) 经验流(experience flow,如图 5(a)所示),简记为 EF,有 $|S'|=1, |D'| \geq 1$.经验流表示已有的知识能够满足(或部分满足)知识需求,对应于知识重用的情况,以促进有价值信息的及时传递与重用.备用式经验流(standby EF, SEF,如图 5(b)所示)是经验流的一种特殊形式,表示已有的知识没有当前接受者.

(2) 预订式知识流单元(subscribed KFC,如图 5(c)所示),简记为 SFC,其中 $|S'|=1,|D'|\geq 1$.SFC 表示当前没有能够满足知识需求的经验可供重用,通过记录人员的知识需求来保证新出现的相关知识能够及时地传递给接受者.

(3) 基于协作的知识流单元(cooperation-based KFC,如图 5(d)所示),简记为 CFC,有 $S'=s_1+s_2+\dots+s_n, D'=d_1+d_2+\dots+d_n$,且 $S'=D'$,即协作的参与者既是知识源,也是知识的接受者;参与者具有相同(或同类)的知识需求(与是否参与同一活动无关),知识将通过相关人员的协作而产生.显然,该类知识流单元蕴含了对工作流中活动输出的描述,从而使其能够在今后的同类活动中得到重用.当 $n=1$ 时,CFC 退化为单一人员独立获取知识的情况.

(4) 基于援助的知识流单元(assistant-based KFC,如图 5(e)所示),简记为 AFC,有 $S'=s_1+s_2+\dots+s_s, D'=d_1+d_2+\dots+d_n$,且 $D'\cap S'=\emptyset$.AFC 表示所需的知识来源于其他具有相关经验或能力的援助者,援助者没有相应的知识需求.基于协作的知识流和基于援助的知识流是现实生活中知识产生的最重要形式,描述了隐式知识的利用途径.AFC 中没有知识接受者时,成为备用式 AFC(standby AFC,简称 SAFC,如图 5(f)所示);SAFC 中记录了组织中具有特定经验或能力的人员,为隐式知识的持续传递提供了基础.

(5) 空知识流单元(empty KFC,如图 5(g)所示),简记为 EFC,是指当前没有知识提供者和知识接受者的知识流单元,我们用它来表示特定情况下其他几类知识流单元的结构.

通过前述几类知识流单元,组织的经验知识、人员的协作关系与能力信息同时得到表示,为各类知识的持续传播和任意时刻组织人员之间的横向交流提供了基础.

定义 5(知识流 $KF-r_j$). 我们称由与知识需求 r_j 相对应的所有知识流单元所组成的知识流单元集合为知识流 $KF-r_j$,简记为 $KF-r_j$.

定义 6(知识流 $KF-r_j$ 的初始化). 知识流 $KF-r_j$ 的组成元素可以根据定义 4 和上面引入的 5 类知识流单元来确定,我们把这个确定过程称为知识流 $KF-r_j$ 的初始化.

算法 1 是知识流 $KF-r_j$ 的初始化,其中 C 代表知识流 $KF-r_j$ 中的经验流的集合; kfc_1 代表 C 中的任何一个元素,即 $C=\{kfc_1\};kfc_2,kfc_3,kfc_4$ 代表 $KF-r_j$ 中的 SFC,CFC,AFC; kfc_0 代表 EFC; E 表示知识流单元中的有关元素无对应实体.

算法 1. 初始化知识流 $KF-r_j$.

输入:知识需求 r_j

输出:知识流 $KF-r_j$ 的组成知识流单元集合

(1) 根据 r_j 在组织知识库中搜索相关的知识集 K 和所有具有该知识需求的人员集 P ,搜索具有与知识需求相关的能力和经验且没有知识需求 r_j 的人员集 P' .

(2) 若 K 非空,则

(2.1) 对 K 中的每一元素 k 定义 EF,即令 $kfc_1=a(s,k,P,r_j)$ (其中 s 为 k 对应的知识源),得到集合 C .

(2.2) 令 SFC 为空知识流单元,即 $kfc_2=kfc_0$.

(3) 否则,定义 SFC 为 $kfc_2=a(E,E,P,r_j)$,并令 C 为空.

(4) 定义 CFC 为 $kfc_3=a(P,E,P,r_j)$.

(5) 若 P' 为空,则令 AFC 为空知识流单元,即 $kfc_4=kfc_0$.

(6) 否则,令 AFC 为 $kfc_4=a(P',E,P,r_j)$.

(7) 得到 $KF-r_j=C\cup\{kfc_2,kfc_3,kfc_4\}$.

组织中全部已初始化的知识流为 $KF=\{KF-r_j\}$.经过初始化的知识流将进入执行阶段,以实现知识的传递和重用,促进人员之间的交流和协作.图 6 为一个知识流 $KF-r_j$ 的简单实例,相应的经验流集合 C 为空,因而只包括 3 种知识流单元 SFC,CFC,AFC,图中 p_1,p_2 和 p_3 表示参与知识流的具体人员, p_1 和 p_2 具有相同的知识需求 r_j (即 $p_1\in P, p_2\in P$),人员 p_3 为具有相关经验的人员(即 $p_3\in P'$).

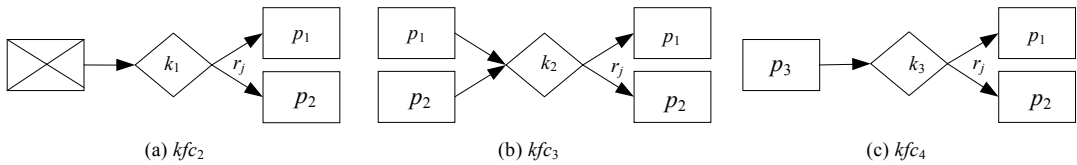


Fig.6 A knowledge flow sample

图 6 知识流示例

定义 7(知识流的有效性). 知识流的有效性是指组成知识流的知识需求与相关的知识源、知识和人员之间的关联与实际情况相一致,从而使执行中的知识流能够准确地反映人员的知识需求、人员协作与交流的需要.

在执行阶段的知识流 $KF-r_j$ 通过 workflow 环境获取业务过程执行和组织情况变化的信息.为保证知识流的有效性,需要通过适宜的控制方法对其组成元素进行调整.

3 知识流的控制

3.1 知识流引擎

知识流引擎是前述扩展的工作流过程元模型的重要组成部分,负责与其他元素的交互,实现全部知识流定义、结构管理和执行等功能.图 7 是我们设计的一个知识流引擎的体系结构.

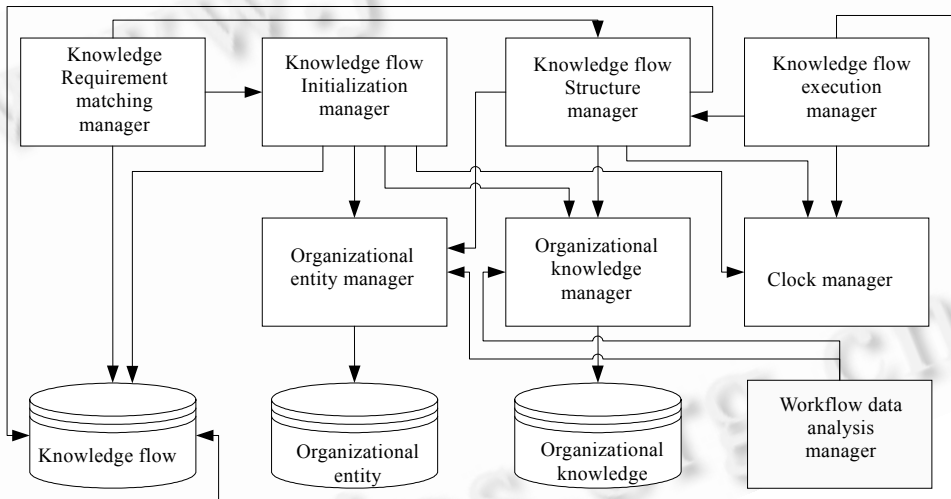


Fig.7 Knowledge flow engine architecture

图 7 知识流引擎结构

各功能模块介绍如下:

(1) 知识需求匹配管理.根据用户的知识需求搜索适宜的知识流,并根据是否找到匹配结果调用知识流初始化管理或知识流结构管理.

(2) 知识流初始化管理.主要根据人员的知识需求,在组织实体管理、组织知识管理及时钟管理的辅助下完成知识流的初始化工作.

(3) 知识流结构管理.根据资源约束、时间约束和知识需求的变化情况自适应地调整相关知识流的结构,保证知识流的有效性.

(4) 知识流执行管理.主要根据知识流的实际数据与 workflow 系统和人员进行交互,提供知识传递服务,并根据需要调用知识流结构管理.

(5) workflow 数据分析管理.利用 workflow 历史数据、当前执行情况以及组织信息,在组织实体管理和组织知识管理的辅助下完成 workflow 数据的分析,使组织实体数据库和组织知识数据库能够及时反映组织的最新状况.

- (6) 组织实体管理.对组织中的人员信息、知识库信息进行分析与维护,为其他有关模块提供底层支持.
- (7) 组织知识管理.对组织技术经验等信息进行分析与维护,为其他有关模块提供底层支持.
- (8) 时钟管理.为知识流的初始化、结构管理与执行模块提供时钟参考支持.

该知识流引擎中包含 3 个数据库:知识流数据库、组织实体数据库和组织知识数据库.知识流数据库存储所有知识流信息.组织实体数据库存储组织的人员信息、知识库基本信息(工作状态、访问路径等).组织知识数据库存储组织积累的技术经验和当前已计划的任务输出信息(来自对 workflow 数据的分析).知识流数据库、组织实体数据库和组织知识数据库分别通过有关属性建立关联.

3.2 知识流的控制

知识流的控制需求源自于资源约束(即知识源、知识)的变化、人员知识需求的变化和时间约束三方面,因而需要通过相应的控制机制对相关知识流结构(即组成知识流单元)和有关属性进行调整,以保证知识流的有效性和对环境变化的自适应性.另外,在实际情况中,多种控制方式通常同时发挥作用,而不是互相排斥.

3.2.1 基于资源约束的控制

基于资源约束的控制是对知识密集型业务过程中知识产生的动态性、知识源或知识的状态变化等不确定因素的反映.根据前述知识需求和知识流之间的对应关系,这种控制总是针对特定知识流 $KF-r_j$ 的组成知识流单元,即 $C \cup \{kfc_2, kfc_3, kfc_4\}$.基于资源约束的控制算法如下.

算法 2. 根据资源约束对知识流 $KF-r_j$ 进行控制.

输入:发生资源约束变化的知识流 $KF-r_j$,变化类别

输出:调整后的知识流 $KF-r_j$

(1) 若 $KF-r_j$ 中有新知识 k_m 产生,则

(1.1) 若 C 不为空,则

(1.1.1) 令 P_0 为 kfc_3 (或 kfc_4)中的知识接受者集, P_1 为 C 中的知识接受者集, $P=P_1-P_0$.

//新知识只能产生于 kfc_3 或 kfc_4

(1.1.2) 向 C 中添加新的经验流 $kfc_1=a(s, k_m, P, r_j)$,其中 s 为 k_m 的位置

(1.1.3) 标记 P_0 中的所有人员具有知识需求 r_j 相关的能力和经历

(1.2) 否则 //即当前存在预订式知识流单元 kfc_2

(1.2.1) 令 P 为 kfc_2 中的所有知识接受者(即预订者)

(1.2.2) 向 C 中添加新的经验流 $kfc_1=a(s, k_m, P, r_j)$,其中 s 为 k_m 的位置

(1.2.3) 令 $kfc_2=kfc_0$

(1.3) 算法终止

(2) 若知识源 s_i 当前不可达(即人员状态为调离,或知识库状态为无法访问),则

(2.1) 令 C 中所有以 s_i 为知识源的知识流单元状态属性值为结束(人员调离时)或暂停(知识库无法访问时).

(2.2) 从 kfc_3 与 kfc_4 中删除(人员调离时)知识源 s_i .

(2.3) 算法终止

(3) 若知识 k_m 当前不可达(知识已不存在或当前无法访问),则

(3.1) 令 C 中所有以 k_m 为知识的经验流状态属性值为结束(知识已不存在时)或暂停(知识当前无法访问时)

(3.2) 算法终止

另外,当有新的知识源(比如知识库)出现时,为对其内容进行分析,以与相关的知识需求建立联系,需要应用信息自动分类、机器学习等技术进行处理,因而在本文中进行讨论.但是,当完成对这些知识的分类并与知识需求建立关联后,可以基于上面的算法实现新知识的导入.

3.2.2 基于知识需求变化的控制

知识需求的变化是指提交或取消特定人员的特定知识需求,相应的控制算法如下.

算法 3. 根据人员知识需求 r_j 的变化对知识流 $KF-r_j$ 进行控制.

输入: 人员 d_n , 知识需求 r_j , 目标(提交新知识需求或取消知识需求 r_j), 知识流 $KF-r_j$

输出: 调整后或新初始化的知识流 $KF-r_j$

(1) 若提交人员 d_n 的新知识需求 r_j , 则:

(1.1) 若知识流 $KF-r_j$ 已存在, 则:

(1.1.1) 若 C 非空, 则向 C 中的所有知识流单元中添加 d_n 为知识接受者.

(1.1.2) 否则, 添加 d_n 为 kfc_2 中的知识接受者.

(1.1.3) 添加 d_n 为 kfc_3 中的知识源和知识接受者.

(1.1.4) 添加 d_n 为 kfc_4 中的知识接受者.

(1.1.5) 若人员 d_n 已经是 kfc_4 中的知识源, 则将其从 kfc_4 的知识源中删除.

(1.2) 否则, 调用算法 1: 初始化知识流 $KF-r_j$.

(1.3) 算法终止.

(2) 若取消人员 d_n 的知识需求 r_j , 则:

(2.1) 从 C 中的全部知识流单元(C 不为空时)或 kfc_2 (C 为空时)中删除接受者 d_n .

(2.2) 从 kfc_3 中同时删除知识源 d_n 和接受者 d_n .

(2.3) 从 kfc_4 中删除接受者 d_n .

(2.4) 若人员 d_n 具有知识需求 r_j 相关的能力和经历, 则添加人员 d_n 为 kfc_4 中的知识提供者.

(2.5) 算法终止.

在(2)结束后, 若某一 kfc_1 中没有知识接受者时, 则该经验流成为备用式经验流. 若 kfc_4 中没有知识接受者时, 则该 AFC 成为备用式 AFC. 此外, 实际应用中, 人员可以从 kfc_2 或 kfc_3 或 kfc_4 中局部取消或添加其知识需求. 为简化描述, 以上算法针对的是完整添加和取消知识需求的处理过程.

3.2.3 基于时间约束的控制

在工作流实例的执行阶段, 每一个活动都对应着两个基本的时间数据: 开始时间与结束时间. 因而, 在工作流环境下, 时间因素决定了活动参与者的知识需求的有效时间区间(effective interval), 即需要真正为参与者提供知识流服务的时间区间. 我们用 $EI(d_n, r_j)$ 表示人员 d_n 的知识需求 r_j 的有效时间区间, 用 $EST(d_n, r_j)$ 表示其最早开始时间(earliest start time), 用 $LET(d_n, r_j)$ 表示其最晚结束时间(latest end time), 此时有 $EI(d_n, r_j)=[EST(d_n, r_j), LET(d_n, r_j)]$.

知识需求的有效时间区间与活动的执行时间区间和工作流实例的执行时间有关, 具体数据由工作流执行环境获得. 对于预定义知识需求, $EST(d_n, r_j)$ 等于工作流实例的开始时间; 而对于运行时知识需求, $EST(d_n, r_j)$ 等于知识需求的提交时间. $LET(d_n, r_j)$ 与知识需求无关, 等于人员参与的相应活动的结束时间(含活动因工作流变更而取消的情况). $EI(d_n, r_j)$ 能够直接影响到知识流 $KF-r_j$ 的结构, 从而对知识流的执行情况产生影响.

有效时间区间反映了人员参与特定知识流的阶段性特征, 为便于控制, 我们为知识流单元中的知识接受者设置状态属性, 取值可为“开始”和“挂起”, “开始”表示知识接受者可以正常地接受知识流引擎提供的知识传递服务, “挂起”表示该知识流在当前执行时间暂时忽略此接受者的存在. 其取值的变化主要由时间因素来控制, 也可以由人员自行修改. 对于预定义知识需求, 知识服务需要在工作流实例的执行过程中才能开始, 因此该属性赋初值为“挂起”.

基于时间约束的控制算法如下.

算法 4. 根据有效时间区间 $EI(d_n, r_j)$ 对知识流 $KF-r_j$ 进行控制.

输入: 人员 d_n , 知识需求 r_j , $EST(d_n, r_j)$, $LET(d_n, r_j)$, 知识流 $KF-r_j$

输出: 调整后的知识流 $KF-r_j$

(1) 若当前时间等于或大于 $EST(d_n, r_j)$, 则令知识流 $KF-r_j$ 中人员 d_n 的“状态”属性取值为“开始”.

(2) 若当前时间为 $LET(d_n, r_j)$, 则调用算法 3, 进行取消人员 d_n 的知识需求 r_j 的相关处理.

(3) 算法终止.

通过上述 3 种控制方法,我们能够有效地利用工作流有关数据,针对业务过程中的动态因素对知识流进行自适应控制,保证了知识流的有效性和知识流与工作流结合的紧密性。

4 结束语

随着技术发展和组织间竞争的加剧,业务过程控制和组织知识管理在知识密集型组织中占据同等重要的地位。本文提出了一种扩展的工作流过程元模型,在 WfMC 定义的工作流过程元模型中增加了知识需求和知识流引擎两类元素,作为实现知识管理与业务过程集成的基础。进一步地,本文提出了一种知识流建模方法,通过经验流、预订式知识流单元、基于协作的知识流单元、基于援助的知识流单元、空知识流单元 5 类知识流单元来对组织知识传递与重用、人员间的协作与交流进行表示。文章介绍了一个知识流引擎的体系结构,并详细论述了内部的知识流的控制机制和主要处理算法,以根据知识、知识源和知识需求的动态变化、工作流中的时间约束实现知识流的自适应控制,保证知识流的有效性。

在实践上,本文的研究工作在国家 863 项目“数据挖掘与软件企业知识管理技术”中得到应用。我们开发了一个适用于软件组织的知识管理系统,通过一个轻量级的工作流引擎对软件过程进行管理与控制,通过知识流引擎来记录和处理人员在软件活动中的问题(即知识需求)与解决经验、组织中具有特定能力的专家信息。这些信息反映了活动与知识之间的关联,知识与人员之间的关联,它们能够在软件组织的业务活动中得到持续积累、动态更新,从而在知识流引擎的控制下实现组织知识的及时传递,促进知识在活动中的重用。通过该知识管理系统,我们实现了与软件过程相集成的积极的、自适应的知识管理,为保持与改进软件组织的过程能力提供辅助。

References:

- [1] Fischer L. The Workflow Handbook 2003. Future Strategies Inc., 2003. 17-25.
- [2] Nissen ME. An extended model of knowledge-flow dynamics. Communications of the Association for Information Systems, 2002,8: 251-266.
- [3] Zhuge H. A knowledge flow model for peer-to-peer team knowledge sharing and management. Expert Systems with Applications, 2002,23(1):23-30.
- [4] Dou WC, Su F, Cai SJ, Zhang FY. Modeling and supervision of a workflow system oriented toward the knowledge-based application and interaction. Journal of Computer Research and Development, 2003,40(2):342-350 (in Chinese with English abstract).
- [5] Zhao JL, Kumar A, Stohr EA. Workflow-Centric information distribution through email. Journal of Management Information Systems, 2000-2001,17(3):45-72.
- [6] Wolverton M. Exploiting enterprise models for the automatic distribution of corporate information. In: Golshani F, Makki K, eds. Proc. of the 6th ACM Int'l Conf. on Information and Knowledge Management. New York: ACM Press, 1997. 341-347.
- [7] Hollingsworth D. The workflow reference model. TC00-1003: UK, Workflow Management Coalition, 1995. 29-31.

附中文参考文献:

- [4] 窦万春,苏丰,蔡士杰,张福炎.面向知识应用和交互的工作流系统建模与控制.计算机研究与发展,2003,40(2):342-350.