

普适计算环境中基于群组特性的业务流程管理*

何伟¹⁺, 王海洋¹, 林宗楷²

¹(山东大学 计算机科学与技术学院, 山东 济南 250100)

²(中国科学院 计算技术研究所 CAD 开放研究实验室, 北京 100080)

Group-Based Business Process Management in Pervasive Computing Environments

HE Wei¹⁺, WANG Hai-Yang¹, LIN Zong-Kai²

¹(School of Computer Science and Technology, Shandong University, Ji'nan 250100, China)

²(CAD Laboratory, Institute of Computing Technology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-531-88390266 ext 5049, E-mail: hewei@sdu.edu.cn, http://www.sdu.edu.cn

He W, Wang HY, Lin ZK. Group-Based business process management in pervasive computing environments. Journal of Software, 2007,18(Suppl.):77-87. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/18/s77.htm>

Abstract: The interaction modality constrained to desktop PC between user and WFMS is one of the main factors obstructing business processes to be widely applied in pervasive computing environment. In addition, the increasingly complicated and flexible group activities have been a salient feature of current business processes. Traditional workflow management systems have difficulties in supporting such features. By extending and improving modeling method and executing mechanism of workflow management system, a group-supported system is designed and implemented, which has the ability of interacting with users in multiple modalities. This paper introduces the new modeling method for multifold group activities as well as the mechanism supporting interaction with multiple modalities. Then some outcomes and findings in the applications of the system are discussed.

Key words: pervasive computing; multiple modalities; user context; group activity; business process

摘要: 局限于桌面设备的交互模式是制约业务流程管理在普适计算环境中广泛应用的主要因素.此外,日趋复杂和灵活的群组活动已成为当前企业业务流程的一个突出特点.传统的工作流管理系统从建模到运行对以上特性难以提供有效的支持.对通用工作流模型的表达能力和工作流运行机制进行扩展,设计并实现了一个具备用户多通道交互能力、支持多种群组协同活动的工作流管理系统.介绍了多通道交互的设计原理和针对群组活动的建模方法和运行机制,然后对应用中的一些结果和发现进行了讨论.

关键词: 普适计算;多通道;上下文;群组活动;业务流程

目前,使用商业化或定制专用工作流管理系统帮助企业提高业务流程管理的按需应变能力已经成为广泛、成熟的办法.但是,随着业务流程管理的深入和扩展,传统的工作流管理系统在普适计算环境支持能力、灵活的群组活动类型的描述和支持等方面存在局限性.

很多企业的业务流程管理存在两个固有的特点:(1) 用户与系统之间多通道交互模式:相当比例的工作现场不具备桌面计算设备,但是存在很多类型的通信和协同软、硬件使工作人员能够与流程管理服务器进行直接交互,包括移动电话、PDA、GPS、传感器等硬件设备和 SMS、IM、E-mail、E-meeting 等支持软件.这就要求

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60673130 (国家自然科学基金)

Received 2007-04-15; Accepted 2007-11-25

WFMS 能够提供人机交互的多通道支持,具备感知用户上下文并选择合适的交互界面的能力;(2) 业务流程中半结构化的特点和不确定性的群组成员:在某些流程中需要由成员、数量均不明确的虚拟群组以投票、协商等方式确定流程的走向.这要求 WFMS 能够以直观、自然的方式在建模、执行、用户交互等方面对类似流程提供支持.

因此,随着企业业务流程管理的深入和扩展,WFMS 除必须具备传统产品的功能之外,还应该在多通道用户交互特性、半结构化业务流程、动态群组活动等方面提供足够的支持.当前的工作流产品在用户交互部分提供了比较单一的支持,局限于桌面计算环境的交互模式使得用户在很多情况下无法访问业务流程,并要求用户必须主动、周期性地检查其任务列表^[1],未从模型、体系结构等方面对普适计算环境下工作流管理的应用提供足够的支持.这种单一的交互过程严重增加了用户的认知负担,降低了人机交互的自然性和效率.另一方面,无线通信技术、手持设备的成熟应用使用户与流程管理服务器之间的多通道交互成为可能.另外,当前的工作流管理系统从建模到实现的层次上,普遍未提供对动态、不确定性群组协同工作的真正支持^[2].

根据某些企业中由用户多交互通道和多种群组活动带来的特殊需求,以工作流参考模型为基础并予以扩展,设计并实现了满足业务要求的专用工作流管理系统,能够灵活、有效地支持普适计算环境下用户与系统的多通道交互,并在建模和实现上支持群组协同活动:

- (1) 将人机交互部分从桌面计算环境扩展到普适计算环境,能够管理并感知用户所在的上下文环境,选择最为有效、合适的人机交互界面、设备、通信方式;
- (2) 扩展通用工作流模型使其在模型上支持多种群组协作的活动类型,引入支持群组协同工作的多种交互活动建模元素;
- (3) 基于 J2EE 架构设计并实现了满足以上特性的工作流管理系统原型,实验结果表明,系统能够较好地解决企业中由多通道人机交互、不确定性动态群组等特性带来的问题.

第 1 节总结、回顾普适计算环境、工作流柔性建模和群组支持等方面的相关工作.第 2 节介绍多通道人机交互的系统结构和机制.第 3 节介绍支持群组的工作流建模方法和核心机制.第 4 节给出两个工作流建模实例,分别用传统的建模方法和扩展的方法予以实现,并进行比较.第 5 节介绍我们的工作流管理在某些企业中的应用.最后,对本文进行总结,并对下一步工作进行展望.

1 相关工作

20 世纪 90 年代中期以来,工作流技术的研究和应用取得了很大进展.工作流管理联盟(workflow management coalition)成立之后,颁布了一系列工作流产品标准,包括工作流参考模型^[3]、工作流术语表^[4]、工作流产品互操作性标准^[5-7]等,基于这些标准,许多公司都推出了自己的工作流产品.工作流参考模型给出了通用工作流管理系统的主要功能架构,其中在用户交互部分,工作流引擎通过任务分发组件调用特定 IT 工具实现流程中单个活动与单个用户交互的机制.提及对群组支持方面不断增加的需求,但未进一步描述;传统的通用工作流管理系统在半结构化的流程、不确定的群组成员、群组之间协作等方面都无法提供足够的支持.文献[8]提出了一种提高系统柔性的工作流建模方法,该方法扩展了传统的活动网络模型,通过协调活动结点支持群组协调工作,但未进一步讨论协调机制,对不确定群组也无法支持.现有的工作流技术、产品允许流程实例中的每个步骤由群组共同完成,但是只能由其中的一个成员与工作流管理系统进行交互,以通知任务的接收和反馈.因此,从工作流管理系统的角度上并没有真正的群组概念.例如,IBM Lotus Domino Workflow^[9]明确支持某个任务由群组成员完成,但是必须指定某一个成员作为活动所有者,负责向系统反馈任务的完成,事实上,这个特殊的成员在工作流管理系统与其他成员之间扮演了中介的角色.

另一方面,任务的接收和反馈在模型和运行机制的层次上都局限于桌面计算环境,未能表达出人机交互的多通道特性.桌面计算环境下的人机交互模式给用户造成了诸多限制,使业务流程管理难以真正融入人们的工作过程,这是导致普适计算环境下 WFMS 无法有效运行的主要障碍.普适计算的目标是使计算设备和技术“消失”在用户日常生活和工作任务的背景当中,从而使其注意力回归到要完成的任务本身.计算机的“不可见”体现

在技术上是计算系统的高嵌入性和高移动性,硬件和网络环境是其基础^[10].目前可以认为建立普适计算环境的硬件支撑条件已基本成熟.在普适计算环境下的业务流程管理领域,人们也做了很多研究和开发工作^[13].文献[11]介绍了一个从上下文中获得知识并可在多种交互通道下与用户输入无缝结合的交互框架,但这一框架并没有涉及业务流程或相关概念.在文献[12]中,基于完全分布式控制和对设备进行动态角色分配,作者提出了一种支持工作流在普适环境中分布运行的机制,但是,并未提及用户与 WFMS 之间多通道交互特性和工作流模型中的群组特性.文献[1]介绍了一个将工作流和协同技术结合起来的系统 PerCollab,通过使用手边的设备进行交互,允许用户使用传统的协作机制随时随地参与业务流程.但是,PerCollab 系统是基于传统的工作流建模和运行机制,对群组协同活动、尤其是不确定性动态群组活动无法提供有效的支持.

2 多通道交互体系结构和运行机制

WFMS 能够在普适计算环境下有效运行的一个重要挑战是用户交互部分从桌面计算到多通道交互模式的转变.受桌面计算模式的局限,用户经常无法访问所关心的业务流程.另外,流程中工作任务的分发大多采用拉模式,用户需要周期性地检查未完成任务.我们的主要工作之一就是扩展 WFMS 与用户的交互模式,通过记录和管理用户所在的环境,根据一定的规则选择合适的交互通道和任务分发、反馈方法,使用户能够随时与 WFMS 进行交互,而不必受桌面计算环境的约束.

为了扩展、增强 WFMS 与用户之间的多通道交互能力,在传统 WFMS 体系结构^[1]的基础上,增加若干软构件,其中的核心构件是用户上下文管理模块和多通道交互控制模块.用户上下文管理模块通过用户主动更新、上线通知技术(presence technology)、移动位置服务(location based service)、GPS 等多种途径记录、感知、修正用户所处的交互环境,这是 WFMS 用来选择与用户交互方式(例如,通过相应的网络协议推送至桌面 PC、E-mail、cell phone、PDA 等不同终端设备)的基础.多通道交互控制模块管理一个交互接口和一个交互适配器构件库,允许灵活地增加、更新适用于某种交互通道的适配器软构件.图 1 表示了一个 WFMS 中多通道交互部分的体系结构和运行机制.

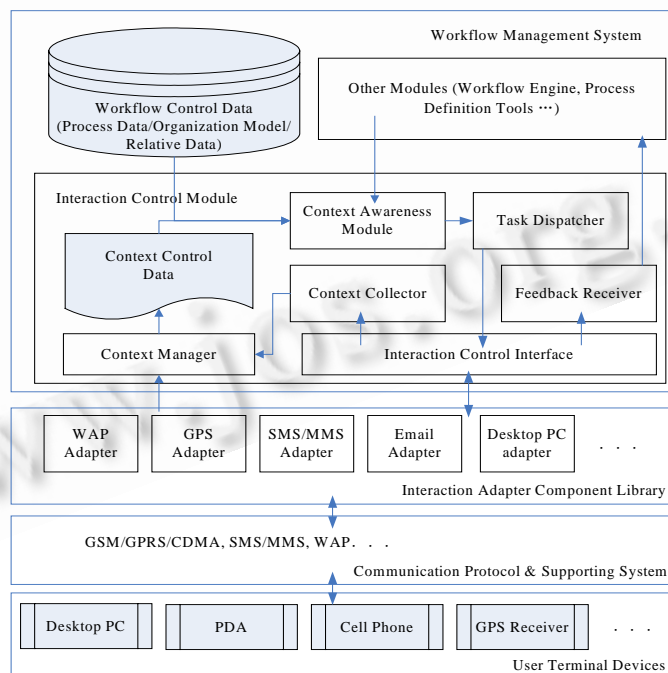


Fig.1 Structure of WFMS supporting multiple interaction modalities

图 1 工作流管理系统多通道交互体系结构

Context Control Data: 用来存储用户所处的交互上下文环境,上下文是指用户所处的计算环境中有可能影响交互过程的因素.在我们的系统中,上下文被分为环境上下文和用户上下文.环境上下文主要包括网络类型、设备类型、通信协议等可用设备信息和位置、时间、速度等用户所处的环境信息;用户上下文主要包括对交互模式、操作习惯的个人喜好、个性化需求等.交互上下文以结构化的数据形式进行表示和存储,数据的记录、更新由 Context Manager Module 进行管理.

Context Manager Module: 对 Context Control Data 进行管理,根据 Context Awareness Module 的感知对 Context Control Data 进行更新、修正操作,使 Context Control Data 尽可能与实际情况保持同步.

Context Collector: 对某用户的交互上下文进行捕获和收集,以定期或时间触发的方式通知 Context Manager Module 进行更新.此模块允许采用多种方式获取用户的最新上下文信息,包括用户主动更新通知、上线通知技术(presence technology)、移动位置服务(location based service)以及 GPS 定位等多种途径.

Context Awareness Module: 对某个用户的交互上下文进行感知,以主动通知或者提供服务的方式返回最新上下文信息.此模块查询 Context Control Data 中有关某用户的上下文信息并组织成可识别、易扩展的信息表示形式.图 2 表示了一个 XML 形式的交互上下文示例,在这一环境中,用户很可能不具备桌面计算条件,移动电话是可用的通信设备.显然,这是一种自我描述、便于解析的表达形式.

```

- <context user="administrator">
- <environmentContext>
- <device name="desktopPC" modality="TCP/IP" available="false">
  <IP>10.2.0.168</IP>
  <Port>8088</Port>
</device>
- <device name="cellPhone" modality="SMS" available="true">
  <number>13905316868</number>
  <SMSGateway>05318800</SMSGateway>
</device>
+ <device name="cellPhone" modality="GPRS" available="true">
+ <position>
</environmentContext>
- <userContext>
- <devicePriority>
  <device name="desktopPC" modality="TCP/IP" priority="1" />
  <device name="cellPhone" modality="SMS" priority="3" />
  <device name="cellPhone" modality="GPRS" priority="5" />
</devicePriority>
</userContext>
</context>

```

Fig.2 A description for a particular user context

图 2 用户上下文描述示例

Task Dispatcher: 根据工作人员的即时环境信息,选择可用的、用户认可的任务通知方式,委托 Interaction Control Interface 向相关设备发送消息.例如,根据图 2 所描述的环境信息,Task Dispatcher Module 会选择通过 SMS 网关向用户的移动电话发送一条有关任务的消息.

Feedback Receiver: 接收由 Interaction Control Interface 发送的当前活动任务的反馈,提交给 workflow 引擎,以决定下一步的流程状态和动作.虽然反馈信息可能来自不同的交互通道,但是 Feedback Receiver 接收到的是屏蔽掉通信协议、交互模式的统一的结构化消息.

Interaction Control Interface: 定义了一个交互设备接口,对各种实际的设备适配器组件进行统一规范.由于网络协议、终端设备、交互方式的不同,其具体实现可能差别很大.为了灵活、可扩展地支持多种交互通道,采用通道适配器的方法,能够将特定终端设备定制的适配器以插件的方式集成进来,每个特定的适配器必须实现统一的交互控制接口,同时封装了与设备、通道等相关的细节部分.这使得终端设备的增加、修改变得更加容易,与其他组件的耦合更为松散.

Interaction Adapter Component Library: 它是所有实现了交互控制接口的、具体终端设备的组件集合,它们呈现出一致的接口,隐藏了通信协议、交互方式的细节,以便由 Interaction Control Interface 运行时动态加载.

Communication Protocol and Supporting Systems: 它是普适计算环境中系统与用户交互的硬件和系统网络基础,包括局域网、Internet、电话线及交换机、GSM 或 CDMA 无线网络等通信媒介,还包括在此基础上的 TCP/IP、SMS、WAP 等通信协议。

User Terminal Devices: 它是系统与用户建立联系、为用户提供交互界面的最终设备,它与系统建立联系的基础是通信协议和支撑系统,包括桌面 PC、便携机、移动电话、固定电话、PDA、GPS 终端设备等。

3 支持群组活动的建模方法和状态感知算法

传统 WFMS 对半结构化流程、动态群组活动、群组协同等特性都无法提供完整的支持,通过对特定企业中群组工作的特点进行分析和抽象,在 workflow 模型中引入若干新型的活动建模元素,形成一种扩展的、支持多种群组协同活动的工作流元模型。

3.1 扩展的活动模型

在一般 workflow 模型中,活动(activity)是一个基本建模元素,通常被分为交互活动(manual activity)和自动活动(automated activity)^[4]。对活动元素进行扩展,从交互活动派生出单人活动和群组活动,其中群组活动又分为两种,分别用来表达确定群组协同活动和不确定成员的动态群组交互活动。图 3 表示了扩展 workflow 模型中活动的层次结构。

活动、自动活动和交互活动是 workflow 模型中基本的元素,本文不予详述,以下对元模型中几类新的活动元素进行解释。

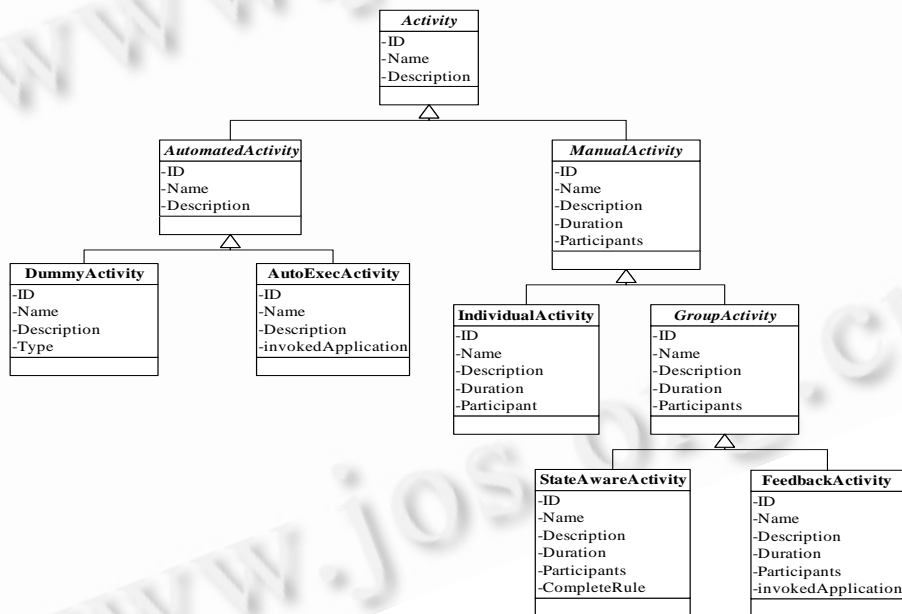


Fig.3 Extended activity meta-model

图 3 扩展的活动元模型

Dummy Activity: 这是自动活动的一种,不包含具体的业务逻辑,用于描述业务活动的同步或分支。

Automatically Executed Activity: 这是自动活动的一种,包含需要自动完成的业务逻辑,需要绑定某个外部资源的 IT 业务对象,如某个 Web Service 组件,以便 workflow 引擎在活动激活时能够进行调用。

Individual Activity: 能够并且仅能被一个成员接收、完成的活动。单人活动可作为多人活动的一种特例,为了使不同活动的表达更清晰,并且提高 workflow 引擎的工作效率,保留了此类活动。

Group Activity: 群组交互活动是一种多角色、多成员参与的交互活动,允许每个成员向 workflow 管理系统报

告自己的完成状态.

State Aware Activity: 用来描述成员不确定的动态群组活动,其任务指定基于角色、人数等约束性因素,比如能够指定完成此活动的参与者所属角色、每种角色的人数范围、决策优先级、活动完成阈值等.活动拥有了这些属性, workflow引擎就可以随时感知当前活动实例的状态,而不必依赖于所有成员,降低了任务在某个成员处阻塞的可能性.

Required Feedback Activity: 这是一种多角色、多成员参与的协同交互活动,用来表达群组同步或异步协作的活动,需要绑定外部资源的业务对象,要求所有成员全部反馈任务的完成状态.传统的工作流模型在表达此类活动时,往往分解为几个并行或串行的活动.该建模元素的引入使得流程模型简化,更符合现实情况.第 4.3 节描述的建模示例将说明这一点.

3.2 群组活动描述

在各种工作流模型中,活动一般是最小粒度的逻辑单元,当群组参与一个活动时,WFMS 通常无法对群组成员之间在活动内部的行为进行协调、控制.为群组活动引入 Action 属性集,Action 是活动中有语义的成员行为(例如,在“制定供电方案”活动中,设计变压器组和设计电量计量装置就是其中两个 Action,它们之间存在依赖关系,并且分别由不同角色的成员完成).对每个 Action,其属性还包括拥有权限的角色集合、当前操作的对象类型等约束.当 Action 属性集合为空时,就退化为一个普通的原子型交互活动.群组活动属性的一个示例如图 4 所示.需要注意的是,属性中的角色必须从 workflow组织模型中选择,全局属性值必须在企业内统一规划.

```

- <action>
- <action name="AddTransformer">
- <roles>
  <role name="electric engineer" />
  <role name="civil engineer" />
</roles>
- <objects>
  <type name="transformer" />
</objects>
<constraint minNumber="1" maxNumber="6" />
</action>
+ <action name="AddMeasureDevice">
</action>

```

Fig.4 A description for group activity

图 4 群组协同活动描述

为群组增加了 action 属性的表达能力之后,对于某一个流程实例中的活动实例,通过专用设计工具的各客户端与 WFMS 之间的消息传递,能够对活动内部每个成员行为的权限、操作对象等约束条件进行统一控制.文献[14]描述了针对本系统的一种协同机制.

3.3 群组活动状态感知算法

每一个群组活动实例都会基于某种约束指定多个成员来接收和反馈完成,对于动态群组活动来说,参与任务的成员不是预先确定的,任何成员对于任务的接收和反馈也不是必须的.WFMS 可以随时根据迄今为止的反馈情况确定当前活动实例应转换的状态,从而根据所属的流程模版和流程实例确定下一步动作.

在我们的工作流模型中,当某个动态群组活动实例的任何一位成员反馈完成后, workflow引擎会立即使用以下算法确定当前活动的状态(是否已经结束).

Algorithm. stateAwareness.

Input: Process instance <i>PID</i> ,	//当前流程实例
Activity instance <i>AID</i> ,	//当前动态群组活动实例
The member <i>MID</i> ,	//当前成员
The task <i>TID</i> which is assigned to <i>MID</i>	//当前任务
Output: The state of <i>AID</i>	//当前活动实例的状态(结束/未结束)

Begin

Step 1. 将已经接收当前任务 TID 的所有成员划分为 2 个集合:已经反馈完成的成员集合 S_c 以及尚未反馈的成员集合 S_u ;

Step 2. If $MID \in S_u$ then {

$S_u = S_u - \{MID\}$;

$S_c = S_c + \{MID\}$;

Revoke task TID from member MID ;

} //将当前成员从 S_u 中删除,加入 S_c ,并收回当前任务

Else //当前成员已经反馈完成.

Return the current state of AID . Algorithm ends.

Step 3. If AID is an instance of “Required Feedback Activity” then //需要每个成员反馈的群组活动

If $S_u = \{\}$ then

Return “complete” state. Algorithm ends.

Else

Return “uncompleted” state. Algorithm ends.

/* 以下步骤针对动态群组的状态感知活动*/

Step 4. Group the elements of S_c according to roles into m sets: $R_{c1}, R_{c2}, \dots, R_{cm}$, Respectively with role $r_1, r_2, \dots, r_m, m \leq \text{sizeof}(S_c), S_c = R_{c1} \cup R_{c2} \cup \dots \cup R_{cm}$; //按照所属角色将 S_c 中的成员分成 m 个集合

Step 5. For each group r_i with corresponding role r_i :

从集合 r_i 中随机选取 n 个元素, n 为在当前活动中角色 r_i 必须参与的成员最小数量(在活动属性中指定),从 $1 \sim n$ 分别为每个成员赋值;

Step 6. Set $DC=0$; //活动实例 AID 的完成程度度量

For each element with a number in S_c with its role r : //被 Step 5 赋过值的成员

{

$DC = DC + \text{tif}(AID, r)$; //tif(AID, r)为角色 r 中每个成员的任务影响因子(task influencing factor,在活动 AID 的属性中指定)

}

Step 7. If $DC < \text{completeLevel}(AID)$ then //活动 AID 的完成度量阈值,在活动属性中指定

Return “uncompleted” state. Algorithm ends.

Step 8. For each element m in S_u : //对每个尚未反馈的成员

Revoke task TID from member m ; //从所有尚未反馈的成员处收回任务

Step 9. Return “complete” state. Algorithm ends.

End.

对于需要每个成员反馈的群组活动,算法 Step 3 保证了只有全部工作人员反馈完成信息后,当前活动实例才能视为完成;对于动态群组的状态感知活动,算法根据每个成员所属角色对活动实例的影响程度,在部分成员反馈完成消息的情况下,判定活动实例能否完成.只有在某个成员向 WFMS 反馈其任务完成时,算法才会被执行.因此,算法中已经反馈完成的成员集合 S_c 规模是递增的,从 Step 6 可知,活动实例 AID 的完成程度度量 DC 也是递增的,因而最终可收敛到预定阈值.可见,算法能够尽可能早地感知到活动实例的结束状态,并保证状态的正确性.

假定当前活动实例所分配的成员数量为 m ,所涉及的角色数量为 $r(r \leq m)$,该算法的时间复杂度为 $O(m \times r)$.可以对此算法进一步优化,将当前活动实例的完成程度度量值 DC 持久化存储于流程实例的环境中,算法执行时仅需要增加当前人员对此活动实例完成程度度量的增量,算法时间复杂度可降低为 $O(r)$.

当前活动实例转为“完成”状态后, workflow引擎将从所有尚未反馈的成员收回当前任务的分派,并根据当前流程的定义及对 workflow 相关数据的检索、运算,确定某个能到达的后继活动的的所有前驱活动是否都已经完成,据此确定是否激活某个能到达的后继活动.这一策略与大多数 WFMS 类似.

4 群组活动建模示例

本节以电力企业中两个普遍存在的业务流程为例,分别采用支持群组活动的模型元素和传统的建模元素对流程建模,并予以比较.

4.1 基于角色的动态群组活动建模

在一个高压用电工程中,电力企业的客户服务部门接收到客户的申请后,首先组织相关人员进行现场勘察,然后将调查结果提交给一个虚拟的决策委员会,由一定数量和比例的决策者、电力工程专家、计量专家等以投票的方式决定接收或拒绝此项工程.需要引起注意的是,决策委员会的成员无法预先确定,但受角色比例、成员数量的约束.

按照传统的工作流管理系统的任务分发机制,只能指定某一个成员作为任务的接受者,也就是说,如果此任务被某个成员接收下来,其他人将无法接收到同一个任务.如果为这一个环节建模,只能基于确定数量的角色建模,一个可能的模型如图 5(a)所示.此模型的缺点是建模复杂,灵活性较差,当角色和数量发生变化时,必须修改流程定义.所有接收到任务的成员全部完成后才能进入下一步骤,任务有可能在某个成员处阻塞.

图 5(b)是采用“状态感知交互活动”的流程模型,模型更为简单、灵活.WFMS 允许所有符合条件的成员接收此任务,当任何一个成员反馈其完成状态时, workflow引擎将立即使用算法 stateAwareness 判定当前活动实例能否结束,而不必依赖于所有成员,降低了任务在某个成员处阻塞的可能性.

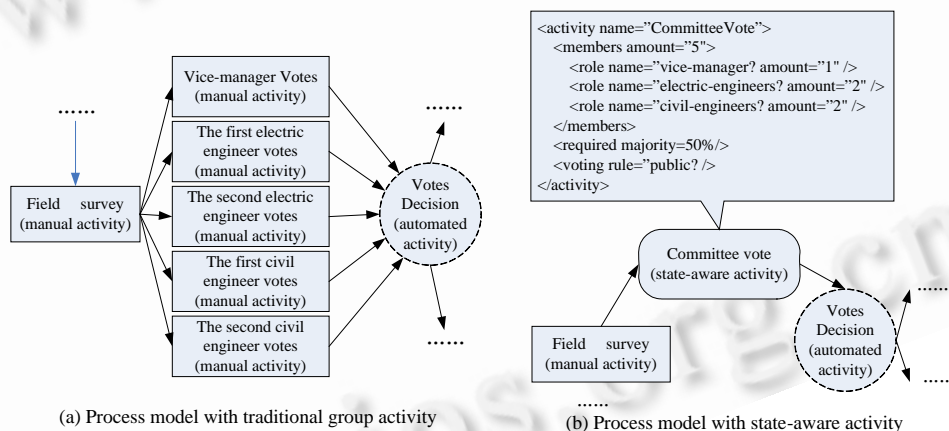


Fig.5 The process models using different workflow modeling method

图 5 动态群组活动建模比较

4.2 确定性群组协同活动建模

在上述流程中,如果决策委员会同意此项工程,下一个环节是设计供电方案,这是一个需要多种角色共同完成的工作,他们使用同样的设计工具产生一个共同的结果,但在工作中的职责、权限是不同的,并且每个人的工作又具有相关性.例如,电力工程专家只能设计变压器和供电电缆,而不能设计计量装置.

按照传统的工作流模型,需要根据角色分解为多个活动,这些活动绑定同样的专用设计工具,如图 6(a)所示. 由于成员之间的工作具有相关性,分解为多个活动后在流程实例中必然会增加任务之间的反复.采用支持群组活动的扩展模型,此活动只需要一个群组协同活动元素就可以建立模型,不但使模型简单,与现实世界的行为也更加一致,如图 6(b)所示. workflow 管理系统采取一定的群组同步协同机制,通过改造或开发所绑定的特定工具,各成员之间的协同工作就可以在流程中进行统一控制.

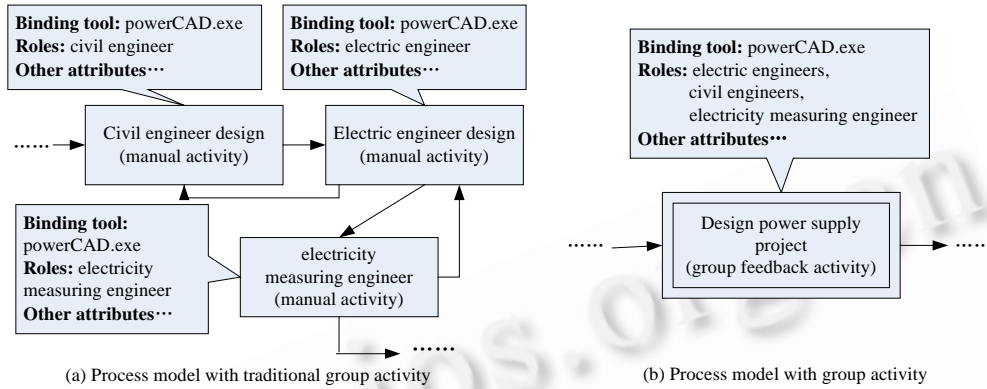


Fig.6 The process models with group cooperative activities

图 6 群组协同活动建模比较

5 基于扩展模型的工作流管理系统及在企业中的应用

在 WFMC 的工作流参考模型和当前流行的通用 workflow 产品的基础上,基于本文所介绍的对流程模型的表达能力和 workflow 运行机制的扩展,我们设计并实现了一个专用的 workflow 管理系统,它具有普适计算环境下用户与系统多通道交互的能力,并且在 workflow 建模和运行机制上能够支持群组活动.

系统基于 J2EE 架构,用 Java 语言开发. 以 Web Service 的形式对外部程序提供 API, 允许业务系统与 workflow 管理系统进行集成. 在用户与系统的交互通道方面,支持桌面 PC、移动电话、PDA 智能终端等设备,局域网、Internet、GSM、CDMA 等通信媒介和 TCP/IP、SMTP、SMS、WAP 等通信协议. 受篇幅所限,系统整体结构这里不再描述. 图 7 为该系统在某电力企业中的应用界面. 其中,“多人活动”选项用于指定活动的群组特性,并可进一步指定其群组相关的属性.

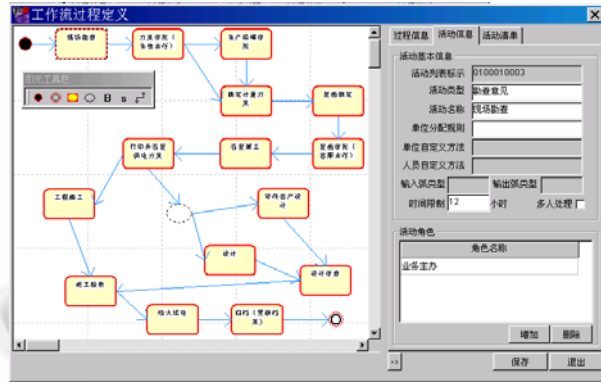


Fig.7 The modeling interface of group-supported WFMS

图 7 支持群组活动的工作流系统的建模界面

系统在若干企业的应用过程中,随着业务流程历史数据的积累,为了论证多通道在用户与 WFMS 之间交互的必要性和用户选择交互通道的意愿,对用户与 WFMS 的交互方式进行了统计,发现了一些有趣的现象和趋势. 表 1 是最近一年内某地市级供电企业工作人员在获取任务和反馈完成时采用的交互通道数据,由数据可以看出,桌面 PC 仍然是最重要的交互通道,但是其他交互通道也已成为补充;由于非智能终端对用户界面、非结构化数据的支持限制,任务处理和反馈方式比较单一. 图 8 是从时间角度统计了某供电机构用户获取工作任务时采用交互方式的变化曲线,随着用户对系统的熟悉和移动设备、通道等条件的具备,我们发现工作现场不具备桌面 PC 的用户更有兴趣使用 PDA、移动电话等终端设备实现对业务流程的即时参与. 目前,非智能终端设备仅

能通过短信网关实现与系统的简单交互.我们认为,随着智能终端设备的普及和无线通信资费的降低,桌面 PC 之外的其他交互通道会有较大的增长.

Table 1 The ratio of different interaction modalities

表 1 某年内某企业流程应用交互通道比例统计

Interaction modalities	Accepting tasks		Feedback	
	Quantity	Percent (%)	Quantity	Percent (%)
Desktop PC	1 068	54	1 923	97
E-mail notification	823	42	0	0
PDA	72	3.5	54	3
Mobile	14	0.5	0	0

为了对基于不确定成员动态群组的应用效果进行评估,在系统投入运行前后各一年内业务流程管理数据中,对受阻塞(超过预定期限)任务按照单人和群组活动统计各自所占的比例,如图 9 所示.在由支持动态群组的 WFMS 管理的业务流程中,群组活动受阻塞的比例有所下降,这是因为其中基于不确定成员的动态群组活动不再受全部成员的限制.

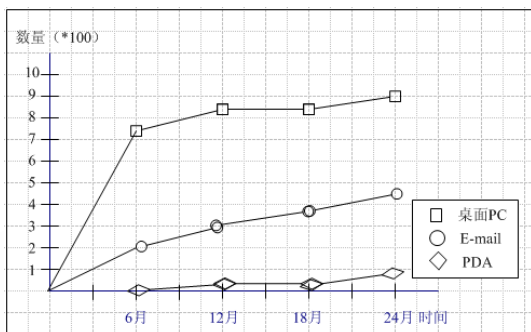


Fig.8 The changes of selected interaction modalities

图 8 某机构用户交互方式随时间变化曲线

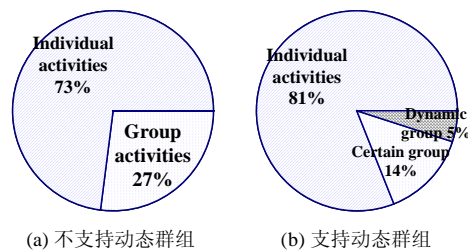


Fig.9 The ratio of different activities in the blocked tasks

图 9 超期任务中各类活动所占比例

6 总结和展望

传统的 WFMS 从建模到运行机制对流程中的多种群组特性难以支持,并且大多忽略了用户与系统的多通道交互模式.在通用 workflow 模型的基础上,对流程模型的表达能力和 workflow 运行机制进行扩展,增加了用户与 WFMS 的多通道交互能力的支持,设计并实现了一个普适计算环境下支持多种群组活动的 WFMS.

在用户与 WFMS 的多通道交互方面,通过用户上下文管理模块和多通道交互控制模块,使其具备与用户之间多通道交互能力.用户上下文管理模块通过多种途径记录、感知、修正用户所处的交互环境,WFMS 据此选择与用户之间的交互通道.多通道交互控制模块管理一个交互接口和一个交互适配器构件库,允许以插件的方式集成某种特定交互通道的适配器软件构件.

在建模方面,提出了若干种灵活的群组交互活动,在 WFMS 的设计和实现机制上,扩展 workflow 引擎、任务分发模块等以增加对群组交互活动的支持.

目前所设计和实现的专用 WFMS 在普适计算环境下的特性主要集中于与用户之间的多通道交互能力.对于同步交互模式,必须要求与 workflow 服务的实时连通性,并不支持分布式模式或离线模式,下一步工作将在此方面作深入研究.

References:

- [1] Chakraborty D, Lei H. Pervasive enablement of business processes. In: Proc. of the 2nd IEEE Annual Conf. on Pervasive Computing and Communications (PERCOM 2004). Orlando, 2004.

- [2] van der Aalst WMP, Kumar A. A reference model for team-enabled workflow management systems. *Data & Knowledge Engineering*, 2001,38:335-363.
- [3] Workflow Management Coalition. Workflow reference model (Issue 1.1). Document Number TC00-1003.
- [4] Workflow Management Coalition. Workflow terminology & glossary (Issue 3.0). Document Number WfMC-TC-1011.
- [5] Workflow Management Coalition. Workflow standard—Interoperability abstract specification, 1.0. Document Number WfMC-TC-1012.
- [6] Workflow Management Coalition. Workflow standard—Interoperability MIME binding, 1.1. Document Number WfMC-TC-1018.
- [7] Workflow Management Coalition. Interoperability proving framework, 1.0. Document Number WfMC-TC-1021.
- [8] Fan YS, Wu C. Research of a workflow modeling method to improve system flexibility. *Journal of Software*, 2002,13(4):833-839 (in Chinese with English abstract).
- [9] Nielsen SP, Easthope C, Gosselink P, Gutsze K, Roele J. Using Lotus DOMINO workflow 2.0. Redbook SG24-5963-00, IBM, Poughkeepsie, 2000.
- [10] Lyytinen K, *et al.* Issues and challenges in ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, 2000,45(12):62-65.
- [11] Yue WN, Dong SH, Wang Y, Wang GP, Wang H, Chen WG. Study on human computer interaction framework of pervasive computing. *Chinese Journal of Computers*, 2004,27(12):1657-1664 (in Chinese with English abstract).
- [12] Montagut F, Molva R. Enabling pervasive execution of workflows. 1-4244-0030-9/05, IEEE, 2005.
- [13] Ranganathan A, McFaddin S. Using workflows to coordinate Web services in pervasive computing environments. In: Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Web Services. 2004. 288-295.
- [14] He W, Wang HY, Cui LZ. A groupware-supported workflow model and its applications in electric power enterprise. In: Proc. of the 11th Int'l Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design. 2007.

附中文参考文献:

- [8] 范玉顺,吴澄.一种提高系统柔性的工作流建模方法研究. *软件学报*,2002,13(4):833-839.
- [11] 岳玮宁,董士海,王悦,汪国平,王衡,陈文广.普适计算的人机交互框架研究. *计算机学报*,2004,27(12):1657-1664.



何伟(1972—),男,山东平原人,博士生,讲师,主要研究领域为业务流程管理,Web服务.



林宗楷(1934—),男,研究员,博士生导师,主要研究领域为 CAD,计算机协同,普适计算.



王海洋(1965—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为工作流,软件工程,数据库技术.