ISSN1000-9825 Journal of Software 软件学报 2000,11(7):899~907

# 工作流技术综述*

罗海滨 范玉顺 吴澄

(清华大学自动化系 北京 100084)

E-mail: fan@cims.tsinghua.edu.cn

**摘要** 工作流技术是进入90年代以后计算机应用领域的一个新的研究热点.对工作流技术进行深入的研究对于提高我国企业的信息化程度、运行效率以及竞争能力都有着重要的意义.该文首先介绍了工作流技术的起源与发展;然后对工作流的研究现状进行综述,主要包括工作流定义、工作流模型、工作流实现方案以及工作流事务管理这4个方面;同时分析了目前工作流技术中所存在的不足以及造成这些不足的根本原因;最后指出了工作流技术的未来发展趋势.

**关键词** 工作流,工作流管理系统,工作流模型,分布式计算,事务管理.

**中图法分类号** TP311

## 1 工作流技术的起源与发展

80年代初期,在PC机尚未作为信息处理工具而出现的时候,纸张是各行各业中进行日常业务活动所不可替代的载体,包括表单、文件、信函、技术资料等在内的各类与企业密切相关的文档都是以纸张的形式在各个部门之间进行传递的.这种古老的载体在信息的处理、组织、存储以及查询检索方面都是低效的.因此,人们希望出现一种无纸化的、计算机使能的工作环境.一些公司、企业也建立了自己专用的或者可商品化的表单传递应用系统(forms-routing applications),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与自动化.这种系统可以看成是现代工作流管理系统的一个雏型.

80年代中期,FileNet和ViewStar等公司率先开拓了工作流产品市场,成为最早的一批工作流产品供应商.他们把图像扫描、复合文档、结构化路由(structured routing)、实例跟踪、关键字索引以及光盘存储等功能结合在一起,形成了一种全过程支持某些业务流程的集成化的软件(包),这便是早期的工作流管理系统.比较典型的有FileNet于1984年推出的WorkFlo Business System,ViewStar于1988年推出的ViewStar.很显然,这种增值性质的集成化软件系统为企业简化与重组自己的关键业务流程提供了一种非常合适的方案;而且,由此我们还可以看出,工作流从最初的诞生之日起就是作为一种面向过程的系统集成技术而出现的,只不过限于当时的计算机发展水平,它所集成的功能较为简单而已.

进入90年代,随着计算机的普及、网络的延伸,现代企业的信息资源越来越表现出一种异构、分布、松散耦合的特点,企业的分散性、决策制定的分散性、对日常业务活动详尽信息的需求以及Client/Server体系结构、分布式处理技术(CORBA,WWW,OLE,JAVA)的日益成熟,都说明了这样一个事实:集中式信息处理的时代已经过去,实现大规模的异构分布式执行环境,使得相互关联的任务能够高效运转并接受密切监控已成为一种趋势.在这种不可抗拒的技术背景下,工作流管理系统也由最初的创建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.这样的一个转变,把工作流技术带入了一个崭新的发展阶段,使得人们

---

* 本文研究得到国家863高科技项目基金(No.863-511-944-002)资助.作者罗海滨,1974年生,博士生,主要研究领域为工作流技术,企业建模.范玉顺,1962年生,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为系统集成与集成平台技术,动态企业建模,工作流技术,Petri网建模与分析.吴澄,1940年生,教授,博士生导师,中国工程院院士,主要研究领域为复杂生产系统调度与可靠性研究,供应链建模,企业建模及系统设计.

本文通讯联系人:范玉顺,北京 100084,清华大学自动化系

本文1999-10-20收到原稿,2000-01-25收到修改稿

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

从更深的层次、更广的领域上对工作流展开了研究.

工作流技术的标准化组织工作流管理联盟(Workflow Management Coalition)于1993年成立.它的成立标志着工作流技术在计算机应用研究领域之中被明确地划分出了自己的一席之地.相应的概念与术语也得到了人们的承认.在全球范围内,对工作流的技术研究以及相关的产品开发进入了更为繁荣的阶段,更多、更新的技术被集成进来,文件管理系统、数据库、电子邮件、移动式计算、Internet服务等都已被容纳到工作流管理系统之中.市场上工作流产品极大丰富,据统计,1997年市场上约有70多种工作流产品在相互竞争,多家供应商纷纷看好这块渐趋热点的IT市场,1997年工作流产品的市场增长率超过35%.根据不同工作流系统所采用的任务项传递机制的不同,市场上的多种产品基本上可以划分为4类[1]:(1) 基于文件的工作流系统——以共享文件的方式来完成任务.这种类型的产品是产生最早、发展最成熟、最具多样性的,通常包含有Client/Server模式的图像、文档与数据库管理系统.代表产品有FileNet的Visual WorkFlo,IBM的FlowMark,InConcert的InConcert.(2) 基于消息的工作流系统——通过用户的电子邮件系统来传递文档信息.这种类型的产品都已实现了与一种或多种电子邮件系统的集成.代表产品有Novell与FileNet合作开发的Ensemble,JetForm的InTempo,Keyfile的Keyflow.(3) 基于Web的工作流系统——通过WWW来实现任务的协作.这一类产品起步较晚(在1995年以后),但是发展迅速,已成为一种最新的市场流行趋势.许多供应商纷纷开发新产品或者在原有产品的基础上增加对Web的支持.代表产品有Action Technologies的ActionWorks Metro,Ultimus的Ultimus.(4) 群件与套件系统——依据划分标准,这一类产品与前面3种有很大程度的重叠,但是在这里却有必要把它们单独划分成一类,因为这类产品都需要依赖自己系统的应用基础结构,包括消息传递、目录服务、安全管理、数据库与文档管理服务等,它们本身就构成了一个完整的应用开发环境.代表产品有IBM/Lotus的Lotus Notes,Microsoft的Office与Exchange,Novell的GroupWise.

纵观工作流软件产品由80年代的萌芽到90年代的繁荣,我们可以把它总结为3个阶段:第1阶段,主要为应用于某些特定领域的、相对独立的应用系统,比如图像、文档管理系统;第2阶段,主要表现为具有底层的通信基础结构、能够实现任务协作的应用系统,比如具有消息传递功能的工作流系统;第3阶段,具有图形用户界面的过程定义工具、用户定义与任务执行完全分离的工作流系统,其体系结构基本上符合工作流管理联盟所提出的标准结构.经历了这3个阶段的发展,工作流产品基本上确定了它在计算机应用软件市场上的独立位置.在工作流这一框架下,比较基本的、主要的研究内容包括以下几个方面:(1) 工作流管理系统体系结构的研究;(2) 工作流模型与工作流定义语言;(3) 工作流的事务特性:研究目的在于将高级事务处理技术与工作流管理技术相结合,用良好定义的模型语义与恢复机制来更好地支持企业的经营过程,提高工作流系统的可靠性与实用性;(4) 工作流的实现技术:包括面向对象技术、异构分布式计算、图形用户界面、消息通信、数据库、WWW等在内的与工作流系统的设计实现有关的各项技术、方法;(5) 工作流的仿真与分析方法;(6) 工作流的集成与互操作技术:研究异构应用系统的集成以及不同工作流系统之间的互操作问题;(7) 工作流与经营过程重组:研究如何通过工作流系统的实施来有效地实现企业的经营过程重组.

## 2 工作流技术的研究现状

### 2.1 工作流的有关定义

十几年来,不同的研究者对工作流分别提出了不同的定义.到目前为止,对于工作流仍没有完全统一的定义.我们列举如下一些有代表性的定义,它们分别从不同的角度对工作流概念进行了描述,可以使我们对工作流的一些基本特征有一定的理解.

• 工作流管理联盟的定义[2]

工作流是一类能够完全或者部分自动执行的经营过程,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、执行.

• Giga Group的定义[3]

工作流是经营过程中可运转的部分,包括任务的顺序以及由谁来执行、支持任务的信息流、评价与控制任务

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

的跟踪、报告机制.

• IBM Almaden Research Center 的定义[4]

工作流是经营过程中的一种计算机化的表示模型,定义了完成整个过程所需用的各种参数.这些参数包括对过程中每一个单独步骤的定义、步骤间的执行顺序、条件以及数据流的建立、每一步骤由谁负责以及每个活动所需要的应用程序.

• Amit Sheth 的定义[5]

工作流是涉及到多任务协调执行的活动,这些任务分别由不同的处理实体来完成.一项任务定义了需要做的某些工作,它可用各种形式来进行定义,包括在文件或电子邮件中的文本描述、一张表格、一条消息以及一个计算机程序.用来执行任务的处理实体可以是人,也可以是计算机系统(比如一个应用程序、一个数据库管理系统).

• W.M.P. Van der Aalst 的定义[6]

工作流是一系列工作的偏序集.工作的序列可以有多种方式,比如工作 $X$ 与 $Y$ 满足 $X \prec Y$ 当且仅当 $X$ 在 $Y$ 开始之前就已经就绪.

以上这些对工作流的定义是用非形式化语言对工作流所进行的描述,虽然各有不同,但基本上都达成了这样的一个共识:工作流是经营过程的一个计算机实现,而工作流管理系统则是这一实现的软件环境.这些工作流的定义分别反映了经营过程如下几个方面的问题,即经营过程是什么(由哪些活动、任务组成,也就是结构上的定义)、怎么做(活动间的执行条件、规则以及所交互的信息,也就是控制流与信息流的定义)、由谁来做(人或者计算机应用程序,也就是组织角色的定义)、做得怎样(通过工作流管理系统进行监控).

根据我们对工作流的理解,也给出以下定义:工作流是通过计算机软件进行定义、执行并监控的经营过程,而这种计算机软件就是工作流管理系统.这个定义区别了工作流与一般的工作流程:前者需要借助计算机软件来完成,并完全在软件系统的控制之下;而后者则没有这种约束,其中的某些步骤可能也需要用到计算机,但这只不过是局部的计算机应用,整个过程是不在计算机控制之下的.

### 2.2 工作流模型

工作流模型是对工作流的抽象表示,也就是对经营过程的抽象表示.由于工作流需要在计算机环境下运行,因此建立相应的工作流模型就是必不可少的.工作流模型应该完整地提出支持工作流定义的概念,为建模用户提供工作流定义所需要的组件或元素.理想的工作流模型能够清楚地定义任意情况下的工作流,能够适应用户在建模过程中所提出的各种要求.然而,到目前为止,人们虽然提出了不少有意义、有见解的工作流模型,但从模型的能力上看,距这一理想情况尚有一定的距离.

由于工作流必须首先描述清楚一个经营过程是怎样进行的,因此,许多工作流模型都是从过程定义入手,比如流程图、状态图、活动网络图等等.这一类基于有向图模型的优点是比较直观、容易理解,一般情况下,图中的节点表示过程中的活动或者状态,而有向弧则表示节点间的时序依赖关系.不少工作流产品正是采用了这种模型,但其缺点是比较简单,不能处理复杂的过程逻辑,缺乏柔性.

Winograd 与 Flores 在语言行为(speech act)理论的基础上提出了一种基于对话的工作流模型[7,8],这种工作流模型是从客户方与服务方这两个角色之间的语言行为交互上对工作流过程进行定义的.他们认为,人的语言不仅能够用来描述事物、交流信息,而且还能够进行行为的计划与协调,即通过语言能够承诺自己未来的行为,通过语言也可以协调自己与他人的合作.基于语言行为理论的工作流模型是由一系列闭合的工作流环相互连接而成的,每个工作流环都被 4 个语言行为(speech acts)分为 4 个阶段,包括需求阶段、协商阶段、执行阶段和满意阶段.Action Technologies 的工作流产品 ActionFlow 就采用了这种工作流模型.

Petri 网也被用来建立工作流模型,Ellis 和 Nutt 在 Petri 网的基础上提出了 ICN(information control nets)模型[9],它实际上是高级 Petri 网的一个引申.这里,库所表示活动,而变迁则表示活动间的转移.文献[10]采用有色 Petri 网来描述一个工作流过程.Van der Aalst 则在 Petri 网的基础上定义了 WF-net[11],即工作流网.在工作流网中,变迁被用来表示活动,而库所则表示活动的使能条件.Van der Aalst 还把工作流管理联盟在规范中提出的几种基本的工作流原语映射成相应的 Petri 网模型,由此建立了工作流网的基本组件与触发机制.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

除了以上这几类工作流模型,还有许多其他形式的工作流模型.比如,文献[12]给出了一种活动树(activity tree)的模型,它是以一个树状结构来表达工作流过程的.从根节点开始,过程被逐层地分解为由各级子节点所代表的活动,而活动间的执行顺序则是由左至右逐个分支地进行.Andreas Geppert 等人提出了 Broker/Services 模型[13],即代理/服务模型,它定义了较为精确与严格的形式化语义,用代理来表示工作流执行过程中的处理实体,用服务来表示所要执行的活动,代理的行为是采用 ECA(event-condition-action)规则描述的.

由于工作流不仅需要明确地表达经营过程中的活动以及活动间的关系,而且还要对活动间所传递的信息、活动的执行实体、活动所需要的资源等方面进行定义,因此,人们便在工作流模型中加入了描述数据、组织、资源的部分.比如,工作流管理联盟就明确提出了工作流相关数据、工作流控制数据及工作流参与者、角色等概念[14].在很多工作流产品中也允许用户在一定范围内定义数据、人员等.为了使工作流模型在描述信息、组织与资源上的能力更强,人们逐渐把相关的描述部分扩充为一个个较为完整的模型来更有力地支持工作流的建模.比较典型的有,WIDE[15]项目中提出的由组织模型、信息模型与过程模型这 3 个子模型共同组成的工作流模型;在组织模型与信息模型中,分别定义了较为灵活的组织概念与数据类型来支持企业复杂的人员组织结构和丰富的数据形式.惠普实验室在文献[16]中提出了一种资源模型,把包括人员、组织、硬件、软件等在内的各类"资源"纳入了一个层次化的树状框架下.在 MOBILE 和 DOPAS 原型系统中则提出了动态组织模式的概念[17],通过组织对象和组织关系这两类基本组件,用户可以定义自己的组织模式.

为了便于交互和在不同格式的模型之间实现相互转换,有的模型还提出了规范的描述语言,我们称为"工作流定义语言".比较典型的有工作流管理联盟推出的 WPDL(workflow process definition language)[18],IBM FlowMark 的 FDL(FlowMark definition language),METEOR2 项目定义的 WIL(workflow intermediate language)等.这些工作流定义语言都有着自己特定的语法规范,包括标识符、关键字、文法规则等,有的还开发了相应的编译器,用于生成工作流运行的可执行代码.另外,值得一提的是,NIST 单独提出了一种过程描述语言 PSL(process specification language)[19],旨在统一各种与制造业过程定义有关的语言,当然也包括对工作流的定义,但实施效果并不理想.

### 2.3 工作流系统的实现方案

在确定了工作流模型的基础上,如何实现整个系统预定的各项功能就成为设计人员所必须考虑的问题.确定一个工作流系统的实现方案,一般包括两个重要方面.(1) 首先是选择系统所基于的底层通信基础结构.这一基础结构关系到系统中的各个组成部分之间以怎样的方式来进行互操作,这是分布式应用赖以存在的基础.比较典型的结构包括远程过程调用 RPC、面向对象的分布计算环境 CORBA、基于 TCP/IP 的 Web、各类消息传递系统以及代理系统等.(2) 要确定系统各组成部分之间的协作过程.从模型的提交、运转到结束,这一过程必然会涉及到多个软件模块间的协作,那么这些具有不同功能且相互独立的模块之间在所确定的底层通信基础结构上的互操作过程就是实现工作流运转的过程.这部分工作主要包括接口定义、数据维护方式、操作处理过程等的确定.

下面,我们将综述几种典型的工作流系统实现方案,它们分别出自于不同的研究项目,在一定程度上代表了几个不同的研究发展方向.由于实现方案与工作流模型之间并非是紧密耦合的,设计人员可以参考这些方案,把它们应用于自己的工作流模型运转当中.

• ORBWork:基于 CORBA 的分布式工作流系统[20]

ORBWork 是美国 Georgia 大学计算机系 METEOR(managing end-to-end operations)研究项目所开发出的一套工作流管理原型系统,它是基于 CORBA 的完全分布的工作流执行系统,以 CORBA 产品 Orbix 作为底层的通信支持,并使用 CORBA 来实现系统的互操作和数据源的封装.在 ORBWork 中,系统的所有组成部分,包括任务管理器、任务(或经过封装的已经存在的应用程序)、监控单元和恢复机制都是 CORBA 对象,它们之间通过 CORBA 的 IDL 调用进行协作.同时,ORBWork 还为用户提供了 Web 界面以及 Web 与 CORBA 之间的接口.以 CORBA 作为工作流系统实现的底层基础有许多优点,比如对象请求代理(ORB)机制、标准的接口定义语言(IDL)、面向对象等等.这些优点都将使 CORBA 成为用户实现企业级工作流解决方案的一种可能的选择.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

• WebWork:基于 Web 的工作流系统[21]

WebWork 与 ORBWork 一样,也是 METEOR 项目中的一部分.与 ORBWork 不同的是,WebWork 是完全基于 Web 技术实现的工作流系统.METEOR 的研究人员考虑到企业可能由于价格等原因而不愿意去购买 CORBA产品,但是大多数企业都有自己的 Web 服务器,或者可以连接到某个 Web 服务器上,因此开发出了一套基于 Web 的工作流管理系统.Web 浏览器为用户提供了一个通用、友好的界面,而且它可以很容易地、不附加任何多余代价地布置在多个计算平台上.

• Exotica/FMQM——基于永久消息队列的分布式工作流系统[22]

IBM Almaden 研究中心所进行的研究项目 Exotica 在工作流分布执行方面提出了一种能够完全分布的执行模型,它通过永久消息(persistent messages)的方式来保存工作流相关执行信息,使得每一个执行节点都是相互独立的,工作流过程的执行不以某一个节点为中心,完全实现了分布.这种方式大大提高了系统的可靠性、可扩展性以及柔性.

Exotica 的这种设计方案是建立在底层的消息传递系统之上的,类似的产品有 DEC 的 MessageQ,Novell 的 Tuxedo/Q,IBM 的 MQSeries.这些消息系统为上层的应用隐藏了复杂的通信实现代码,并且屏蔽了操作平台、网络协议的异构性,通过提供 API 函数来提供各项消息服务.这些产品的特点很适合用来连接分布式应用,实现工作流管理的功能.

• EVE——事件驱动下的分布式工作流执行系统[23]

瑞士苏黎士大学计算机系的研究人员提出了一种基于事件的工作流执行服务中间件平台体系结构,称为 EVE(event engine),用以集成工作流执行过程中松散耦合的分布式功能组件(包括各类企业应用).在 EVE 体系结构中,工作流的执行是由分布在网络上的代理(broker)通过响应由 EVE 服务器检测到的事件来完成的;同时,代理在提供服务的过程中又会产生新的事件.每一个代理代表了一种活动任务的处理实体,它的行为也是由 ECA 规则来定义的.不同的代理分别用于提供用户接口、组织管理、外部应用集成以及系统组件等功能.

EVE 服务器是整个 EVE 体系的核心,等同于工作流参考模型中的工作流机.EVE 服务器能够直接同本地的代理及远程的 EVE 服务器相互通信,而代理则只能通过 EVE 适配器(EVE-adapter)与本地的 EVE 服务器通信.因此,不同代理之间的交互是通过把事件发送给本地 EVE 服务器,进而由本地服务器再发送给本地的相应代理或者再通过远程 EVE 服务器发送给远程的代理来完成的.

从 EVE 系统的设计思路来看,它也属于一种完全分布的执行方式,因而很容易克服服务方完全集中于一点而带来的诸多不利,如系统吞吐量的瓶颈、系统的可靠性问题等.当然,也带来了一些复杂的问题,复合事件的检测就是一个例子.

• DartFlow——基于可移动代理的工作流管理系统[24]

DartFlow 是达特茅斯大学计算机系设计开发的一种基于可移动代理的工作流系统.所谓"可移动代理",是指一段可以在自身的控制下由异构网络系统中的一台机器转移到另外一台机器上运行的程序.也就是说,可移动代理能够在执行到某一点时挂起自身程序,将代码传递到另外的网络节点上去继续运行.

可移动代理具有许多优点,比如在一定条件下能够减少网络流量、适合于移动用户、有利于数据集成、具有并行机制等,因此很适合于工作流管理系统的构建:企业的每一个经营过程的实例可以由一个移动代理来处理,代理在预先定义好的步骤下在分布的网络节点上执行,当代理移动时,它携带着过程所需的执行代码与数据,无需每一步都通过中央的数据库服务器来交换数据.在 DartFlow 中,它的系统组件结构与工作流管理联盟所提出的参考模型基本一致,能够相互对应,其中比较有特色的几个部分是过程代理、多种类型的代理服务器、用户界面与工作表服务器.

### 2.4 工作流中的事务管理

事务的概念来自于数据库研究领域,用以解决数据的并发访问和出错恢复问题.事实上,工作流也可以看成是一系列有序操作的集合,只不过这些操作的对象具有更广的内涵,并不仅仅限于数据库中的数据.因此,工作流也同样具有事务特性.

人们首先研究了在数据库事务模型的基础上所提出的许多高级事务模型(advanced transaction

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

model)[25,26],包括嵌套事务模型、多层事务模型、Sagas[27]、分支/汇合事务模型[28]、柔性事务模型、ACTA[29]等.高级事务模型通常把一系列的操作分组成为层次化的结构,并且放宽了经典事务模型对ACID特性的要求,以便适应不同性质的实际问题,因此又被称为扩展事务模型.

由于高级事务模型在解决长时间事务方面仍有很多局限性,人们把注意力由专门的数据库事务扩展到了工作流这一范围.德国Stuttgart大学的ConTracts研究项目提出了自己的高级数据模型和高级并发控制机制[30],已经具备了一定的工作流描述能力,而且从解决问题的思路来看,ConTracts模型跳出了原有的高级事务模型的局限.他们认为,扩展原有的事务模型并不能解决问题,因为长时间的计算过程要比一个具有ACID特性的事务复杂得多,数量上的变化将导致事物本质的变化,宏观与微观的差距将使它们的一致性问题变得各具特色,绝不能一概而论.

Amit Sheth在对高级事务模型进行研究的基础上则提出了事务工作流(transactional workflow)的概念[31].他认为,许多高级事务模型的执行结构都很有限,高级事务模型所预先定义的许多属性对于工作流应用而言可能并不必要;而且在工作流的执行过程中,有些参与执行的系统可能并不支持这些事务模型;另外,事务模型所注重的是保护数据的一致性,对于执行不同任务的相互独立的系统之间的协调则并不擅长.Amit Sheth完全从工作流的角度提出了任务的结构化定义以及基于任务间依赖关系的工作流定义,还就系统的实现方法提出了有意义的见解.

## 3 目前工作流技术中所存在的不足

尽管经过工作流产品供应商与工作流研究人员十几年的不懈努力,使得工作流技术由最初的萌芽逐步发展起来,并取得了相当的成果,但是从工作流系统的实际应用状况来看,还远未达到人们所期待的普及状态.在经营过程中采用工作流管理系统的企业仍只是一少部分,而且这些系统的应用范围也很有限,并不能全方位地支持企业的关键业务流程.从企业用户应用的角度来分析产生这种状况的原因,主要有以下4点[32]:

(1) 工作流的运行必须要有底层的通信基础结构的支持,但是就目前能够实现分布计算环境的产品来看,它们在实际应用中仍然显得不够成熟,在安全性、容错性、可靠性等方面均不能满足企业的需求,而且在价格上也给企业造成一定的负担.

(2) 缺乏标准.不同的厂商所提供的工作流产品可能具有自己独立的一套工作流模型、工作流定义语言以及API函数.在这种缺乏标准的状况下,用户一旦选定一种产品之后,就很难再过渡到其他同类产品之上了,而且不同的系统之间缺乏互操作的接口.尽管工作流管理联盟的成立有助于改善这种情况,但若想实现类似于关系型数据库这样的统一标准(比如关系数据模型、SQL语言等),仍有很长的路要走.

(3) 实现的复杂性.工作流应用的开发不仅仅是过程的定义,还需要完成其他许多任务.比如,对外部的应用系统进行封装、建立工作流机运行所必须的分布计算环境、设计开发相应的用户界面等等.目前的工作流产品,几乎不能为这些任务提供什么有力的帮助,所有的工作流应用都需要工作流产品供应商与应用开发人员进行很长时间的合作才能最终完成.另外,工作流系统的实施给企业带来的不仅仅是技术上的变化,同时也会对企业原有的管理制度造成一定的影响,这也是对企业的一种冲击.

(4) 工作流技术本身的不成熟性.目前尚没有一种工作流产品或原型系统能够在过程执行的可靠性与一致性方面达到与关系型数据库管理系统同水平的功能.尽管在实际应用时对工作流系统并没有那样高的性能要求,但具备这样的能力对于一个工作流系统而言是很重要的,只有这样,才能使企业有信心采用工作流技术来对那些应用其他技术(如数据库)实现的关键任务应用进行重组.

通过对工作流的研究,我们认为工作流技术自身的不成熟性从较为根本的几个层次上来看,主要表现在以下3个方面:

(1) 在工作流的模型描述方面,缺乏一种支持过程定义、过程演进以及过程分析的形式化的数学模型.工作流模型的核心是对过程的定义,包括组成过程的基本活动以及活动之间的时序关系.目前的各种工作流模型,大部分都是从直观感觉出发,以图形语言或者文本语言来定义工作流过程.这种定义的方法实际上仅仅是处于用户层上,即对用户而言是比较理想的方式,但并不利于实际系统的实现,也无法对工作流的本质特征进行描述,

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

更谈不上对过程的分析与评价.虽然有的模型具有形式化的数学描述,比如 WF-net[11],但从模型能力上距离对工作流的本质描述仍有差距.由于缺乏理论层的模型支持,使得工作流在应用的许多关键特性上无法得到保证,包括柔性定义、过程重用、事务管理、异常处理等,这些都大大限制了工作流在企业应用中的推广.

(2) 在工作流的执行方面,缺乏一个标准化的集成框架来支持对企业常用的分布式应用的集成.企业在应用工作流进行业务流程的运作时,最为关心的就是工作流系统能否与企业原有的各个应用系统(比如 MRPII 系统、CAx 系统等)很好地集成起来,使它们成为一个完整的业务流程当中有机的组成部分,而不是像原来那样处于一种"孤岛"状态.但目前来看,工作流应用中的一个很大的瓶颈就是工作流管理系统所能支持的企业应用太少,在集成的方式方法上还没有统一的标准,很大程度上要受到外部应用的限制.因此,在工作流系统与企业应用间亟待建立一个性能良好的"粘合层",最好是独立于不同企业应用的一个标准的集成框架,这将极大地提高工作流系统对企业应用的适应性.

(3) 在工作流的仿真评价方面尚处于一种几近空白的状态.应该说,在缺乏仿真方法与仿真工具支持的情况下,整个工作流系统是不完善的.因为人们难以预料所部署的工作流过程将有可能出现怎样的结果,它有哪些不合理的地方,其性能指标如何,这一切都必须等到实际运行以后才能由工作流管理系统所记录的数据中获得,显然,这并非是一种合理的方式.针对工作流进行仿真的难点主要在于:仿真的性能指标不好确定;仿真的内容较为复杂等.

## 4 结 论

工作流技术作为现代企业实现过程管理与过程控制的一项关键技术,为企业的经营过程提供了一个从模型建立、管理到运行、分析的完整框架;同时,工作流管理系统通过一套集成化、可互操作的软件工具为这个框架提供了全过程的支持.

对于工作流技术的未来发展趋势,我们从市场、技术、理论这 3 个方面进行了概括.

从工作流市场的发展来看,主要有 3 个特点:(1) 市场潜力大,仍将保持良好的增长势头;(2) 工作流产品的价格将不断下降,这是竞争与普及双重作用的结果;(3) 产品的应用领域逐步由通用走向专用,具有行业特点的工作流产品将占领市场,比如工程、制造、电信等领域.

从技术发展来看,随着工作流这一集成框架下所容纳技术的不断拓展与成熟,工作流系统将成为企业信息环境中不可缺少的软件平台,Thomas Koulopoulos 在文献[33]中预言工作流系统将最终成为覆盖于各类台式机与网络操作系统(如 Windows,Unix,Windows NT)之上的业务操作系统 BOS(business operating system),它将带来操作系统的一次革命.在此基础上,我们还可以进一步预言,在家电信息化逐步成熟的将来,工作流极有可能从经济生活走入家庭生活,为人们的日常生活定制理想的自动流程,成为新时代的家庭信息平台 FIP(family information platform).

从理论的发展来看,它虽然在一定程度上滞后于应用,但是在迫切的应用需求的驱动下,也必然会逐步完善.今后,几个较为突出的发展方向是工作流的形式化描述、工作流的事务模型、工作流的设计与分析方法.

**参考文献**


1 Kobielus J G. Workflow Strategies. Foster: IDG Books World Wide, Inc., 1997

2 Workflow Management Coalition. Workflow management coalition terminology and glossary. Technical Report, WfMC TC 1011, Brussels: Workflow Management Coalition, 1996

3 Mohan C. Recent trends in workflow management products, standards, and research. 1997. http://www.almaden.ibm.com/cs/exotica/wfnato97.ps

4 Alonso G, Agrawal D, Abbadi E A *et al*. Functionality and limitations of current workflow management systems. 1997. http://www.almaden.ibm.com/cs/exotica/wfmsys.ps

5 Rusinkiewicz M, Sheth A. Specification and execution of transactional workflows. In: Won Kim ed. Modern Database Systems: The Object Model, Interoperability, and Beyond. Reading, MA: Addison Wesley Publishing Company, 1995


© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

6 Van der Aalst W M P. Three good reasons for using a Petri-net-based workflow management system. In: Navathe S, Wakayama T eds. Proceedings of the International Working Conference on Information and Process Integration in Enterprises (IPIC'96). Camebridge, MA: Kluwer Academic Publishers, 1996. 179~201

7 Georgakopolous D, Hornick M, Sheth A. An overview of workflow management: from process modelling to workflow automation infrastructure. Distributed and Parallel Databases, 1995,3(2):119~152

8 Leymann F, Altenhuber W. Managing business processes as an information resource. IBM Systems Journal, 1994,33(2):326~348

9 Ellis C A, Nutt G J. Modelling and enactment of workflow systems. In: Marsan A ed. Application and Theory of Petri Nets. Lecture Notes in Computer Science 691, Berlin: Springer-Verlag, 1993. 1~16

10 Papazoglou M, Delis A, Bouguettaya A *et al*. Class library support for workflow environments and applications. IEEE Transactions on Computers, 1997,46(6):673~686

11 Van der Aalst W M P. Structural characterizations of sound workflow nets. Technical Reports, 96/23, Eindhoven: Eindhoven University of Technology, 1996

12 Kacmar C, Carey J, Alexaander M. Providing workflow services using a programmable hypermedia environment. Information and Software Technology, 1998,40(7):381~396

13 Geppert A, Tombros D, Dittrich K R. Defining the semantics of reactive components in event-driven workflow execution with event histories. Information Systems, 1998,23(3/4):235~252

14 Workflow Management Coalition. The workflow reference model. Technical Report, WfMC-TC00-1003, Hampshire: Workflow Management Coalition, 1995

15 Casati F, Grefen P, Pernici B *et al*. WIDE: workflow model and architecture. Technical Report, 96-19, University of Twente, 1996

16 Du Wei-min, Davis J, Huang Yan-nong *et al*. Enterprise workflow resource management. Technical Report, HPL-1999-8, HP Laboratories Palo Alto, 1999

17 Bichler P. Conceptual design of secure workflow systems [Ph. D Thesis]. Linz, 1998

18 Workflow Management Coalition. Interface 1: process definition interchange and process model. Technical Report, WfMC-TC-1016-P, Workflow Management Coalition, 1998

19 Knutilla A, Schlenoff C, Ray S *et al*. Process specification language: analysis of existing representations. Technical Report, NISTIR 6133, Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 1998

20 Das S. ORBWork: a distributed CORBA-based runtime for the METEOR2 workflow management system [MS Thesis]. University of Georgia, 1997

21 Palaniswami D. Development of WebWork: METEOR2's web-based workflow management system [MS Thesis]. University of Georgia, 1997

22 Alonso G, Agrawal D, Abbadi E A *et al*. Exotica/FMQM: a persistent message based architecture for distributed workflow management. Technical Report, RJ9912, IBM Almaden Research Center, 1994

23 Geppert A, Tombros D. Event-Based distributed workflow execution with EVE. Technical Report, 96.05, University of Zürich, 1996

24 Cai Ting, Gloor A, Nog S. DartFlow: a workflow management system on the web using transportable agents. Technical Report, PCS-TR96-283, Dartmouth College, 1996

25 Alonso G, Agrawal D, Abbadi El A *et al*. Advanced transaction models in workflow contexts. In: SU S ed. Proceedings of the International Conference on Data Engineering (ICDE). New Orleans, Louisiana: IEEE Computer Society, 1996

26 Elmagarmid A. Transaction Models for Advanced Database Applications. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1992

27 Garcia-Molina H, Salem K. Sagas. In: Dayal Umeshwar, Traiger I L eds. Proceedings of the 1987 SIGMOD International Conference on Management of Data. San Francisco, CA: ACM Press, 1987. 249~259

28 Pu C, Kaiser G E, Hutchinson N. Split-Transactions for open-ended activities. In: Bancilhon F, Dewitt D J eds. Proceedings of the 14th International Conference on Very Large Databases. Los Angeles, CA: Morgan Kaufmann Publishers,

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

Inc., 1987. 26~37

29 Chrysanthis P K, Ramamritham K. ACTA: a framework for specifying and reasoning about transaction structure and behavior. In: Garcia-Molina H, Jagadish H V eds. Proceedings of the ACM SIGMOD Conference. Atlantic, NJ: ACM Press, 1990. 194~210

30 Reuter A, Schwenkreis F. Contracts— -a low level mechanism for building general-purpose workflow management systems. Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering, 1995,18(1):4~9

31 Sheth A, Rusinkiewicz M. On transactional workflows. Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering, 1993, 16(2):37~40

32 Du Wei-min, Elmagarmid A. Workflow management: state of the art vs. state of the procucts. In: Dogac A, Kalinichenko L, Ozsu T *et al* eds. Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Workflow Management Systems. New York: Springer-Verlag, 1998

33 Koulopoulos T M. The Workflow Imperative. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995

## Overview of Workflow Technology

LUO Hai-bin FAN Yu-shun WU Cheng

(*Department of Automation Tsinghua University Beijing* 100084)

**Abstract** Workflow technology has been a new hotspot in the area of computer application since 1990. It is very important to study the technology in-depth, since it can significantly improve the information standard and operation efficiency of enterprises, hence make them more competitive. In this paper, the evolution of workflow technology is introduced. After that, the current situation of research in workflow area is overviewed, including workflow definition, workflow model, workflow implementation technology, and workflow transaction management. The limitations of current workflow technology and the reasons that cause them are also pointed out. Finally, the conclusions and the future trends of workflow study are given.

**Key words** Workflow, workflow management system, workflow model, distributed computing, transaction management.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn