

90-92, 49

计算机科学2000Vol 27No 4

工作流模型

Agent

电子商务  
企业管理

24

# 一种基于 Agent 的工作流模型的设计与实现

The Design and Implementation of A Agents-based Workflow Model

陈善国 高 济

(浙江大学计算机系 杭州, 310027)

F270.7

**Abstract** In this paper, we present the SaFlow, a workflow management system based on agents. After describing the architecture, we discuss in details about the composing and implementation of MSA, the major part of SaFlow. At last, a product quotation workflow system is demonstrated, as an application of SaFlow.

**Keywords** Agent, Federation, MSA, Intention, Skill

## 1 引言

面对日益激烈的市场竞争,如何对大型的复杂商务过程进行有效的管理,已经成为现代企业所面临的一个重要挑战。作为一种增进机构管理效率,提高事务处理效率的解决方案,工作流系统备受企业管理层的青睐,工作流技术的思想早在70年代就被提出来了,但由于当时网络通信技术相对落后,使这一思想没有得到很好的应用。到了八十年代后期和九十年代,网络技术得到了飞速的发展,Internet开始走向世界的各个角落,企业内部网的构建变得容易,便宜。另外电子商务、分布式数据库系统等相关技术的发展和成熟都为工作流技术的实现提供了坚实的基础。

随着市场上各种商品化工作流产品的出现,如DEC的LinkWorks, IBM的FlowMark, Lotus公司Notes等,为了保证企业在工作流产品上的投资,使工作流技术得到广泛应用,1993年由100多家软件开发商、研究机构参加成立了工作流管理同盟(WIMC, Workflow Management Coalition),制定了工作流参考模型,使各种工作流产品之间的互操作成为可能。WIMC的提出,使企业在构建工作流系统时可以根据需要选择不同厂家的工作流产品部件,极大地推动了工作流技术的发展与应用。然而,基于WIMC参考模型的传统工作流管理系统,对于大型企业随市场快速变化的商务过程,就显得有点力不从心了。另外企业间动态联盟的出现,使得工作流的活动不能象企业内部采用分配的方式,各企业出于自身利益的考虑,需要采用投标等方法对提供服务的报酬和结果进行协商。

## 2 基于 Agent 的工作流模型

进入90年代,Agent技术逐渐成为研究的热点,关于Agent目前还没有统一的明确定义,但总的说来具有以下几个特点:

**自主性:**具有自主解决问题的能力,而不需人的直接干预。

**社交能力:**在需要时,能够与其它Agent或人交换信息,请求或提供服务。

**反应性:**能够在外部环境改变时,感知并作出反应。

**预动性:**并不单单对外部作出响应,在适当的时候还能有一些有目的的行为和一些初始化动作。

Agent具有某种程度的“类人性”,其本意就是要代替人(或协助人)完成某些工作,因此基于Agent构建工作流管理系统具有先天性的优势,它是作为Agent技术应用的热点被提出的,目前尚没有制定一个标准的模型。多个Agent组成Agent联邦,类似于人类的群体,每一个联邦中有一个管理Agent,称为MSA。联邦可以嵌套,上层联邦的普通Agent可能就是下层某联邦的管理者。

在为一个企业构建工作流管理系统时,把整个企业描述成一个Agent联邦,每个相对独立的部门描述为此联邦的一个Agent,再配置一个企业联邦管理Agent(MSA),在这里需要描述企业总体的工作流过程,总体调度跨部门的活动。另外每个部门的Agent又可能是一个Agent联邦,下面的分部门Agent也可能是个Agent联邦,从而形成上面提到的Agent联邦的嵌套,这里的划分是和企业的行政或工作划分是一致的,这种一致性使工作流过程的定义显得十分形象、自然。

各个部门内部的 Agent 联邦的描述相互独立,当企业随市场变化进行调整时,对下层联邦的修改,不会影响上层联邦和其它联邦的运行,实现了对工作流过程模型的动态修改。各联邦的管理者为了实现工作流的最终目标,在平等协商的基础上进行协调和合作,独立进行内部的规划和活动调度,能适应象企业间动态联盟这种需求。

### 3 SaFlow 的设计与实现

我们在进行了长期的 Agent 技术研究,并构造了自己的 Agent 体系结构之后,提出了基于多 Agent 的工作流管理系统 SaFlow,其静态体系结构可分为开发环境和运行环境两大部分(图1)。在运行环境中,多个工作流管理 Agent(MSA)一起负责控制和协调工作流实例运行;用户接口 Agent(ISA)负责和用户的交互;工具 Agent(TSA)驱动工作流用到的应用程序。

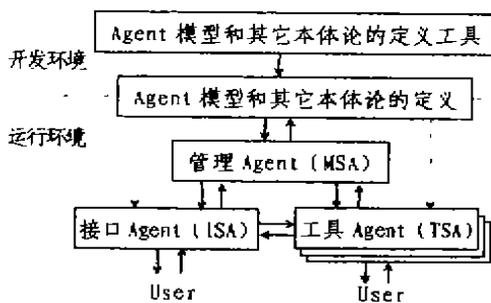


图1 SaFlow 的体系结构

每个 MSA 可以有一种或几种意向和技能(意向指对所具有的能力的描述,技能则指具体的能力)。不同的 MSA 在不同层次上描述整体或部分的工作流模型,自主地进行意向规划,协调各子目标的实现,并处理各种复杂的异常情况以实现工作流实例的有效运转,实现过程中 MSA 可以将子目标交由其它 MSA 实现。MSA 还设有一些公共意向和技能,如撤消或请求撤消工作流实例。我们将各 MSA 分散在每个用户的计算机上,这种分布式控制可以提高运行的灵活性、可靠性。

ISA 运行于各用户计算机前台,维护着 MSA 要求完成的工作,并及时向 MSA 汇报工作的进展情况,以便 MSA 根据意向处方(即工作流运行逻辑)和当前状态及时地进行下一步的子目标规划。同时,ISA 作为用户的助手,可以不断地总结和适应用户操作和工作的习惯,更合理地安排用户工作计划。用户可以通过 ISA 直接启动 MSA 规划形成的各工作要求的应用程序,也可以使用其它应用程序,以满足每个用户的不同喜

好。

工作流的活动需要各种应用程序的支持,封装技术是解决集成原有信息系统的手段之一(这里我们采用 COM 技术),我们从原有信息系统中抽取能够分离的部分,封装成工具 Agent,供 MSA 直接调用,运行时不需人工干预的 TSA 在被要求提供服务时,自动创建进程,并对输入、输出参数进行调整。我们在 TSA 所属的 MSA 中申明它们的技能。

Agent 之间提供服务、交换信息需要考虑通信内容上可能出现的语义失配问题,产生语义失配问题的根源在于本体论的失配,即人们观察和处理事物时采用的术语和处理方法不一致。由于本体论隐含于人们的思想并反映在编程实现的应用程序中,使得双方(人与人之间、人与应用程序之间、应用程序和应用程序之间)容易误解对方的语义。因此,需要一种清晰表示的为工作流各成员共享的本体论,使各 Agent 在意向规划和执行时能方便地参考和使用。工作流本体论不仅对企业常用术语(如经营业务、机构编制、人员安排)、工作流使用到的文档、变量、表格、数据库记录存取路径等对象、关系、函数进行定义,还包含一些常识,如“工作流实例创建者”、“月底”、“活动已持续时间”等概念。

MSA 是整个系统中最关键的核心部件,是工作流运行的“引擎”,其结构如图2。通信模块不仅提供标准的会话层服务,还具有智能寻址和过滤功能。当要求其它 Agent 提供协作时,MSA 的行为控制器经由通信模块发送活动分配和协商消息。熟人模型是对目前可能参与协作的其它 Agent 的描述,记录了它们的意向、兴趣、当前状态等。它指出了已知的所能解决问题的范围,是开展规划和协调活动的前提之一。随着 Agent 间协作的开展,熟人模型会不断地更新。通信模块正是利用熟人模型来找到对特定事物感兴趣的 Agent。自身模型是对 MSA 自身的描述,记录了其意向、技能、当前状态等,成为 MSA 行为控制的依据。

MSA 初始化后运行于后台。当类似于工作流的顶层复合活动被激活(可以人工触发)后,行为控制器

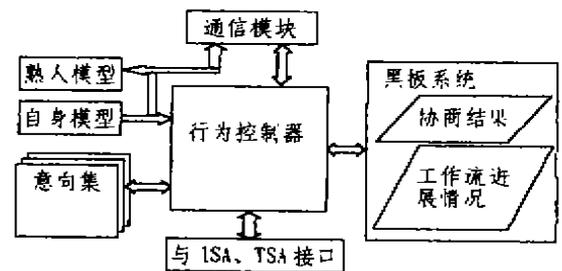


图2 MSA 结构

作规划和调度工作,包括活动分解、子活动分配和协商,并将规划和调度结果交由自己所属的 ISA、TSA 或其它 MSA 执行。每个 MSA 意向集只在某一层次上描述了(部分)工作流的逻辑顺序,并用一系列子目标形式化表示,当依次完成各子目标时,整个意向得以实现,而子目标的实现需要由潜在的那些 workflow 活动(或子活动)完成,子目标的实现可以有多种途径,如为了驱散室内烟雾,我们优先选择“打开换气扇”;如果因某种原因(如没有换气扇等)失败时,选择下一方案,即同时打开窗户和门,如图3所示,这一规划过程类似用深度优先方法对与或树进行遍历,先后进行或分支代表的各种方案的选择,直至该目标的实现或最终失败。每个活动应有成功和失败的语义标准。

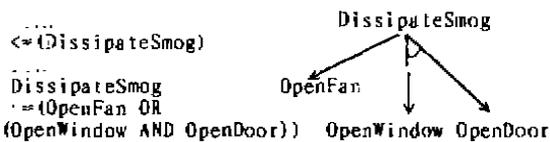


图3 “驱散烟雾”目标的实现途径和形式化描述

有时为了实现某个目标,需要根据不同情况,采取不同的解决措施,甚至需要多次反复执行。此外许多 workflow 在开始运行时并不存在所有的明确活动要求,随着实例的运行,下游活动的内容才逐渐清晰。这些活动内容的设置一般是上游活动的输出结果,因此行为控制器允许动态生成子目标,并支持它们的调度和规划。在确定了活动(集)之后需要选择合适的执行用户,在这个过程中结合意向模型中描述的活动执行对用户要求的规则组(如英文写作的论文审阅工作应由懂英语的评委),以及其它的规划原则(如各用户负载均衡、最擅长优先等),将工作最终分配给某个 Agent。

应该指出的是:考虑到企业管理的有效性, workflow 过程中各用户不应有完全的自主性。上级部门下达的工作要求一般情况下应该接受,这不应有过多的协商;但在执行活动时发挥最大的主观能动性,将“本职工作”做好。对于企业间动态联盟这种情况, workflow 过程的企业出于自身利益的考虑,采用投标等方法对提供服务的报酬和结果进行协商。

异常情况处理是 workflow 管理系统的重要组成部分,是体现系统性能的重要指标。异常情况处理方案可以看作对 MSA 行为控制器的控制过程的补充。在本系统中,我们用处境—反应规则组表述异常情况及其相应的处理方案。

#### 4 总结与展望

我们把 SaFlow 应用在杭州制氧机厂的报价工作

流中。由于产品报价过程涉及多个部门之间的合作,部门间的业务交接不可避免地会对报价速度产生影响,而且,由于部门之间的彼此独立,也使得设计人员难以在产品早期充分地考虑后期产品制造工艺、成本等信息,使得产品设计难以一次完成,同时,也影响产品的最优报价。我们将报价过程所涉及的各部门工作和信息集成起来,即将销售处、技术开发处、制造部门和成本管理处的工作集成在一起,实现不同部门间的信息共享与传递,并以 workflow 方式进行组织管理,减少中间环节,加快工作速度,使得各部门的工作协调、有序地进行,并应用并行工程的哲理,使设计人员在设计早期及时地考虑后期的制造等因素,使得产品设计一次成功,缩短产品开发时间,赢得市场竞争。

我们为各部门经理和工作人员配置一组 Agent,为每个独立的部门设计 MSA,在企业内部网上动态形成了完整的产品报价 workflow 系统。目前涉及的工作人员种类有:销售处长、项目经理、流程室主任、流程设计人员、各种部机设计人员、仪器电器配置人员、技术报价审核人员、总工程师、成本核算人员等。

用 Agent 控制 workflow 活动的运行,用嵌套的 Agent 联邦合作和协调 workflow 过程是 SaFlow 的主要特色。和传统的工作流管理系统相比,我们认为有以下几个方面的特点和优点:

- 通过分布地控制 workflow 的运行,解决了集中式管理下带来的一些问题,如减轻了集中控制的瓶颈障碍,不易导致单点失败问题。

- workflow 各活动的描述简便、清晰,对下层活动细节的修改不会导致上层活动安排的变更;最高层联邦管理 Agent 的处方描述了整个 workflow 运行的大致步骤,而不需涉及较细致的活动描述;而底层的联邦管理 Agent 则对本地的活动进行规划和详细描述;

- 意向处方对一个特定的子目标允许通过多路径进行实现,即提供备选方案,增加了活动实现的灵活性;在一个分支尝试失败后,转向另一方案的执行;

- 通过联邦内 Agent 之间的任务分担和 Agent 联邦之间的合作和协商,灵活地选择 workflow 成员(即 Agent);在其它成员忙并另有成员能提供同样服务时, workflow 的各活动能够得到最快响应;

- 清晰地定义通信内容的本体论促进了 Agent 之间的语义互操作;Agent 间、用户和 Agent 之间、甚至用户(workflow 成员)之间的消息传送可以只包括概念实例,并通过参考共享本体论来免除语义失配问题,进而实现语义正确的互操作。

- 通过软件构件将底层信息系统中的领域操作(计算活动)抽象出来,融入 SaFlow,可以容易地将整个企

(下转第49页)

强会把这些噪音当作有用的信息通过权值而放大,这样会降低增强的性能,当噪音很多时,甚至增强会导致更糟的结果,所以当训练集中存在噪音时,增强不能很好地处理这些噪音。

2)虽然理论上增强方法能够确保训练集的差错率为0,但当其应用于朴素贝叶斯时,却不能保证是这样,训练集的差错始终存在。

### 参考文献

- 1 Duda R, Hart P. Pattern Classification and Scene Analysis. John Wiley and Sons, New York, 1973
- 2 Freund Y, Schapire R E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. In: Proc. of the Second European Conf. on Computational Learning Theory, 1995. 23~37
- 3 Elkan C. Boosting and naive Bayesian learning. [Technical Report No CS97-557]. Department of Computer Science and Engineering, University of California, September 1997
- 4 Bauer E, Kohavi R. An Empirical Comparison of Voting Classification Algorithms: Bagging, Boosting, and Variants.
- 5 Bechara A, et al. Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. Science, 1997, 275: 1293~1295
- 6 Blum A L, Rivest R L. Training a 3-node neural network is NP-complete. Neural Networks, 1992, 5(1): 117~127
- 7 Bures J, et al. Place cells and place navigation. Proc. of the National Academy of Sciences, 1997, 94(1): 343~350
- 8 Domingos P, Pazzani M. Beyond independence: Conditions for the optimality of the simple bayesian classifier. In: Proc. of the 13th Intl. Conf. on Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1996. 105~112
- 9 Dougherty J R, et al. Supervised and unsupervised discretization of continuous features. In: Proc of the 12th Intl. Conf. on Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1995. 194~202
- 10 Friedman N, Goldszmidt M. Building classifiers using Bayesian networks. In: Proc. of the National Conf. on Artificial Intelligence. Portland, Oregon, AAAI Press, August 1996
- 11 Garner W R, Sutliff D. The effect of goodness on encoding time in visual pattern discrimination. Perception and Psychophysics, 1974, 16(3): 426~430
- 12 Kalocsai P, et al. Predicting face recognition from a spatial filter similarity space. Personal communication, 1996
- 13 Kruschke J K. Human category learning. Implications for backpropagation models. Connection Science, 1993, 5(1): 3~36
- 14 Lehky S R, Sejnowski T J. Network model of shape-from-shading; neural function arises from both receptive and projective fields. Nature, 1988, 333(6172): 452~454
- 15 Mezard M, Nadal J P. Learning in feedforward layered networks: The tiling algorithm. J. of Physics A, 1989, 22(12): 2191~2203
- 16 Minsky M, Papert S. Perceptrons, an introduction to computational geometry. MIT Press, 1969
- 17 Quinlan J R. Boosting, bagging, and C4.5. In: Proc of the National Conf. on Artificial Intelligence. Portland, Oregon, AAAI Press, 1996
- 18 Ripley B. Pattern Recognition and Neural Networks. Cambridge University Press, 1996
- 19 Schapire R, et al. Boosting the margin: a new explanation for the effectiveness of voting methods. In: Proc. of the 14th Intl. Conf. on Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1997. To appear

(上接第92页)

业的计算活动,进而整个营运处理集成起来,形成一个企业级的集成框架。

目前基于 Agent 进行 workflow 系统管理尚处于摸索阶段,许多地方有待于完善。规划和协商算法有待进一步的研究和开发,另外还有 workflow 的安全问题,以及加入移动 Agent 技术解决分布式计算环境中更复杂、灵活的问题。

### 参考文献

- 1 The Workflow Management Coalition; Workflow Facility Specification, Document Number WFMC-TC-2101, Draft D. 6.8-March-97
- 2 The Workflow Management Coalition; Workflow Standard-Interoperability Abstract Specification, Document Number WFMC-TC-1012, 20 October 1996, Version 1.0
- 3 高济. 基于表示本体论的智能系统开发. 计算机研究与发展, 1996, 33(11): 801~807
- 4 Alty J L, et al. ADEPT-Advanced Decision Environment for Process Tasks: Overview & Architecture. In: Proc. BCS Expert Systems 94 Conf. (Applications Track), Cambridge, UK, 1994, 359~371
- 5 Casati F, et al. WIDE Workflow Model and Architecture. [CTIT Technical Report 96-19], 1996. 4
- 6 Mohan C, et al. Exotica; A Research Perspective on Workflow Management Systems. Data Engineering Bulletin, 1995, 18(1)