

# 面向业务过程管理的 Agent 平台的设计及实现<sup>\*</sup>

赵海燕<sup>1</sup> 曹 健<sup>2</sup> 周晓俊<sup>3</sup>

(上海理工大学计算机和电气工程学院 上海 200093)<sup>1</sup> (上海交通大学计算机科学与工程系 上海 200240)<sup>2</sup>  
(新思科技(上海)有限公司 上海 200051)<sup>3</sup>

**摘 要** 业务过程管理能够支持企业业务流程优化运行,因而日益成为学术界和工业界研究和开发的重点。目前绝大多数的业务过程管理系统都是在传统的工作流管理系统基础上的扩展,因而具有适应性能力不强等缺点。介绍了一个面向业务过程管理的 Agent 平台,它包含了 Agent 的建模工具和运行环境。对该 Agent 的模型、相关工具和环境的实现方法进行了说明。该平台能够方便地支持面向业务过程管理的 Agent 的构造,并提供了求解业务问题的能力。

**关键词** 业务过程管理, Agent, 约束

## Design and Implementation for Business Process Management Oriented Agent Platform

ZHAO Hai-yan<sup>1</sup> CAO Jian<sup>2</sup> ZHOU Xiao-jun<sup>3</sup>

(School of Computer and Electricity Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)<sup>1</sup>

(Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)<sup>2</sup>

(Synopsys (Shanghai) Ltd., Shanghai 200051, China)<sup>3</sup>

**Abstract** Business process management, as a technology to support optimal execution of enterprise business processes, has becoming a research and development focus both in academic and industry. Since most of business process management systems are extended from traditional workflow management system, they have some shortcomings such as poor adaptability. A business process oriented agent platform was introduced, which includes an agent modeling tool and an agent runtime environment. The agent model, the implementation of tools and environment were discussed. This platform can support the construction and execution of agents for business process management and also provides the capability of business problem solving capability to the agents.

**Keywords** Business process management, Agent, Constraint

## 1 引言

目前企业正在面临着持续快速变化的竞争环境,要想在这种环境中生存、发展并扩大其竞争优势,企业迫切需要系统的方法和工具对其业务过程进行分析、优化和管理,因而近年来业务过程管理(Business Process Management, BPM)得到了学术界和工业界的普遍重视。业务过程管理利用显式过程设计来驱动、执行和管理业务过程,并使用各种方法、技术和软件工具来设计、执行、控制和分析可执行的过程以及过程中涉及的人员、组织、应用、文档或其他信息资源<sup>[1]</sup>。

为了满足市场的需要,许多软件企业纷纷推出业务过程管理系统软件。这些软件绝大多数都是在传统的工作流管理系统<sup>[2]</sup>基础上的扩展。它们继承了工作流管理系统的优点(例如对业务过程的管理和操作方便、有效)并在一定程度上弥补了工作流管理系统的不足(例如对业务过程重组和业务过程改进的支持)。但是,它们也继承了工作流管理系统的一些缺点,例如:集中式的系统架构,难以支持分布式的企业应用;缺乏足够的灵活性、敏捷性和自适应性,难以支持动态业务过程的管理;过于强调中央控制,与目前强调企业组织架构扁平化、部门决策自主性的企业管理发展趋势不协调。

作为一种具有自治性、社会性和智能性的软件实体,显然, Agent 为克服传统业务过程管理系统的缺点提供了新的途径。目前,有不少研究工作中已经开始将 Agent 运用于业务过程管理。例如英国电信公司和大学共同开发的一个基于 Agent 的业务过程管理系统 ADEPT<sup>[3]</sup>。这些研究工作的重点在于探讨如何围绕业务过程的需求来定义 Agent 的内部模型以及设计相应的多 Agent 合作机制。

为了将基于 Agent 的业务过程管理系统推向真正的应用,必须提供一个易于使用的 Agent 平台,而目前的研究工作中较少考虑提供一个面向业务过程的 Agent 平台。尽管 Agent Builder<sup>[4]</sup>, JADE<sup>[5]</sup> 等通用的 Agent 平台和工具能够开发运用于业务过程管理的 Agent,但是这些平台大多把重点放在提供 Agent 的通讯基础架构方面,而在 Agent 结构模型中并没有与业务过程管理有直接的关系,从而使得普通用户难以理解和使用。本文从业务过程管理的需要出发,结合 BDI 和约束的概念,提出了一个面向业务过程管理 Agent 的模型,并开发了相应的建模工具和运行环境。

## 2 面向业务过程管理的 Agent 结构模型

### 2.1 面向业务过程管理的 Agent 特性

<sup>\*</sup> 本文工作得到了国家自然科学基金(60503041, 60873230), 国家 863 计划(2006AA04Z152, 2007AA01Z137)的资助。赵海燕 博士, 教师, 研究方向为 workflow 技术、企业信息化;曹 健 博士, 副教授, 研究方向为协同信息技术与系统;周晓俊 博士, 工程师。



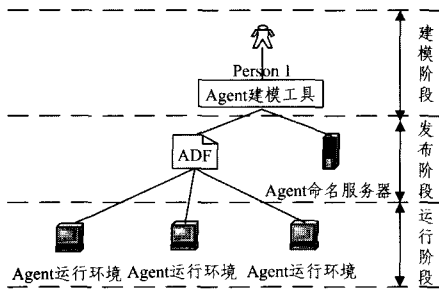


图3 BPM-A的平台

在每个运行周期的开始, BPM-A 读取消息队列, 并把新的消息转换为相应的消息。所有被观察到的事件都被放入到事件池中, 并利用事件选择函数选出一个当前需要处理的事件。接下来, 根据当前的触发事件、信念集合以及规划选择函数, 从规划库中选取一个规划来处理当前触发事件。选择出来的规划会被实例化成为意图而添加进入意图堆栈 (Intention Stack) 等待运行。实例化的过程包括把事件以及信念值用当前值代入。当 BPM-A 空闲的时候, 它会利用意图选择函数从意图堆栈中选择一个意图开始运行。当运行一个意图的时候, 意图里面的活动解决方案将执行。当执行完活动解决方案后, 该意图就运行结束, 并删除该意图。最后又重新读取消息队列。整个运行过程可以用下面的伪代码来实现。

BPM-A interpreter

```

Initialize-state()
while
  NewMessages= Get-Message(MsgQueue)
  EventPool. AddNewMessageEvent(NewMessages)
  Current-Event= EventPool. SelectEvent()
  Select-plan= selectplan(Current-Event, B, P)
  Add-intention(select-plan, Current-Event, B)
  Select-Intention= select-intention(intentionstack)
  Select-Intention. ActionSolution. Run()
  Drop-intention()
  Read-new-Message()
End while

```

## 4 BPM-A 平台的设计与实现

### 4.1 总体结构

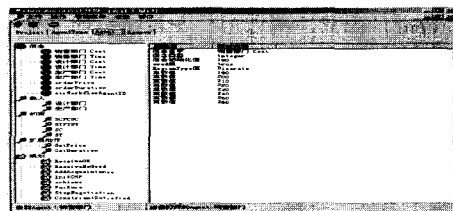
图3为面向业务过程管理的 Agent 平台。在建模阶段, 用户通过 Agent 建模工具对 Agent 进行建模。建模的内容包括 Agent 的所有心智模型, 包括各种信念、目标、扩展活动、规划、活动方案等等。为了方便使用, 采用了图示化的建模方法。完成建模的 Agent 被存储在具有 XML 格式的、遵循 Agent 定义语言 (ADL) 规范的 Agent 定义文件 (Agent Definition File, ADF) 当中。

在发布阶段, 定义好的 Agent 定义文件被发布到各个工作站, 每个工作站都安装有一个 Agent 运行环境。与此同时在 Agent 命名服务器上注册该 Agent 的信息, 这些信息包括 Agent 名、Agent 的消息队列地址以及 Agent 的能力等。

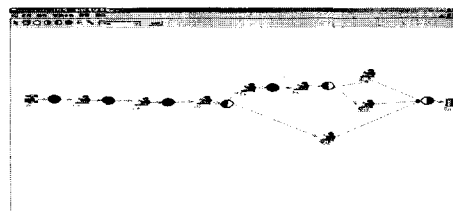
Agent 运行环境为 Agent 的运行提供了容器。通过 Agent 运行环境, 用户可以加载、运行和调试 Agent。用户还可以在运行时, 通过该环境监控 Agent 的运行, 查看 Agent 的信念、Agent 的运行状态以及监控 Agent 的消息收发。

### 4.2 BPM-A 图形化建模工具的设计和实现

Agent 建模工具是一个独立的软件, 它所生成的 Agent 模型最终将以文件的形式保存。整个 Agent 建模工具软件采用三层体系结构。上层的图形界面是模型的编辑器, 它不直接与文件系统或数据库系统打交道。中间层为面向对象的 Agent 模型表示层, 它一方面提供了存取模型库的手段, 另一方面它在内存中建立模型的数据结构并提供操作这些数据结构的方法 (例如增加、删除、修改活动的属性等)。图形界面将这些内存模型映射成图形化的表示, 显示于屏幕上。Agent 的信息最终存储在两个地方, 分别是 Agent 定义文件和 Agent 命名服务器。其中 Agent 定义文件包括完整的信息, Agent 命名服务器中存放了一般信息。图4为 Agent 建模工具的界面, 其中图4(a)为 Agent 信念定义界面, 图4(b)为 Agent 的规划建模界面。



(a)信念定义

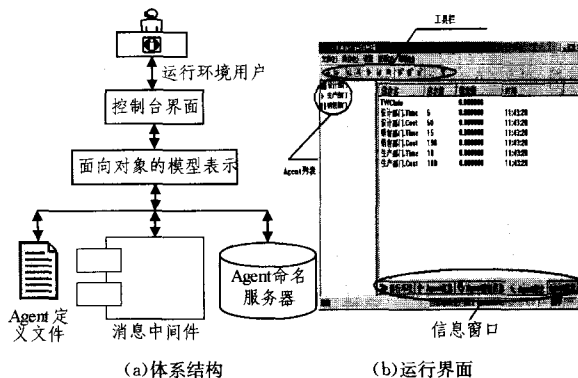


(b)规划定义

图4 Agent 建模工具

### 4.3 BPM-A 运行环境

Agent 运行环境采用了基于中间件的三层体系结构, 如图5(a)所示。通过上层的控制台界面, 用户可以操作和监控某个 Agent。中间层通过加载 Agent 定义文件, 把它转换成面向对象的 Agent 模型表示组件, 并创建独立的工作线程, 其执行过程如第3节所描述。Agent 通过消息中间件收发消息, 并通过 Agent 命名服务器查找其他 Agent。



(a)体系结构

(b)运行界面

图5 Agent 运行环境

Agent 运行环境采用 VC++ 6.0 开发, 其运行界面如图5(b)。通过打开 Agent 定义文件, 可以加载 Agent。所有被加载的 Agent 都出现在左侧的列表中, 每个 Agent 显示其当前的状态 (启动、暂停、停止、正在工作)。通过工具栏可以控

(下转第 267 页)

$R_{p_m}$ 。在对规划  $P$  中每一个动作的处理中,首先是以倒序进行的,而且在删除某动作后,将这个动作的输入资源并入了  $R_{p_m}$ ,这是因为在一个规划中,动作的输出资源有可能是用于为后续动作提供输入资源的,若某动作被删除,那么为它提供输入资源的动作也就没有存在的必要。以倒序进行处理并且在删除某动作后将这个动作的输入资源并入  $R_{p_m}$ ,使得为此被删除的动作提供输入资源的动作也有可能被删除。这样处理使得在保证实现目标的前提下,规划  $P$  中的动作最大程

最后一个动作可以被删除,那么整个规划就被删除。这个规划所要实现的目标由其它规划所提供的可共享资源来实现。第十二步为  $n$  自减一,使得以倒序对下一动作进行处理。第十四步到第十六步为条件语句,当规划  $P$  满足在合并条件下执行规划的必要条件时,对  $P_m$  和  $P$  进行合并。若不满足,则跳过。第十九步为当所有规划都被处理完毕后,返回  $P_m$ 。算法流程如图 2 所示。

#### 4 作战方案的优化

每个作战方案都可看成是指挥控制智能体(C2-Agent)将要执行的规划。运用上述的规划合并算法,各作战方案通过共享战场资源,能够删减冗余战术动作,减少执行费用,使得作战方案更为精练。

**结束语** 本文提出了一种基于资源共享的规划合并机制并给出了相关算法,运用这种算法可以在保证作战方案实现战术目标的前提下更大程度地删减冗余战术动作,提高作战方案的执行效率。这种算法主要解决的是如何提高 Agent 执行规划的效率,对于合并规划后产生的冲突的处理不够细致,这也是今后研究的方向。

#### 参考文献

- [1] 王进,徐洸. 分布式作战计划辅助生成系统研究. 计算机工程与设计,2001,22(2):13-14
- [2] 姚莉,张维明. 智能协作信息技术. 北京:电子工业出版社,2002
- [3] Wooldridge M. 多 Agent 系统引论[M]. 第一版. 石纯一,等译. 北京:电子工业出版社,2003
- [4] Cox J S, Durfee E H. Efficient Mechanisms for Multiagent Plan Merging. New York, USA: AAMAS'04, 2004
- [5] Horty J F, Pollack M E. Evaluating new options in the context of existing plans. Artificial Intelligence, 2001, 127: 199-220
- [6] de Weerd M, Bos A, Tonino H, et al. A resource logic for multi-agent plan merging. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2003, 37: 93-130
- [7] 刘志忠. 多主体规划技术及其在空军战役规划中的应用. 学位论文. 长沙:国防科学技术大学,2002

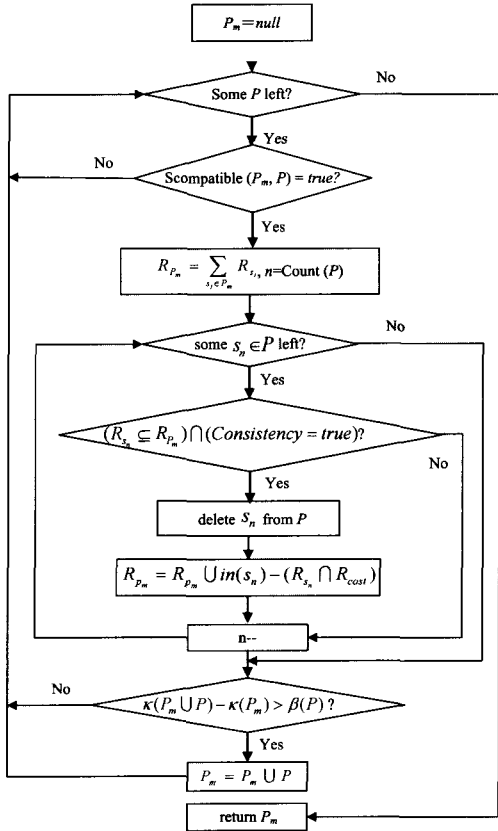


图 2 算法流程图

度地被删减,从而最大程度地减少执行规划的花销。极端的情况是前面动作的输出都是为最后一个动作提供输入时,若

(上接第 264 页)

制 Agent 的运行。信息窗口显示了 Agent 运行时候的各种输出信息,信息窗口包括 5 种,分别是运行环境信息、Agent 信息、Agent 输出信息、Agent 信念值和 Agent 消息。

**结束语** 本文介绍的 Agent 平台具有以下特点:1)可以比较直观地将业务过程映射到 Agent 模型,其中,业务对象信息直接作为 Agent 的信念;业务规则以约束的形式作为 Agent 信念;其负责的流程片段则以 ECA 规则的形式保存在规划中;2)采用 ECA 规则表达的规划可以定义复杂的 Agent 行为;3)通过扩展动作可以支持多种组件,具有很好的集成能力和扩展能力;4)采用消息中间件作为底层通信架构,能够保证可靠的通信;5)BPM-A 属于构建式,不需要进行编程,就可以创建新的 Agent 系统,并且同时采用图示化界面,所以使用方便直观。下一步我们的工作重点将放在如何增强 Agent 的学习能力和自组织能力上;通过 Agent 的学习能力能够不断扩展并精华其规划库,研究如何通过一组预定义的规划能够实现自组织的协作,以进一步提升业务过程执行的智能性。

#### 参考文献

- [1] van der Aalst W M P, et al. Business Process Management: A Survey// BPM 2003, LNCS 2678. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003:1-2
- [2] Plesums C. An Introduction to Workflow, extracted from the Workflow Handbook 2002. [http://www.wfmc.org/information/introduction\\_to\\_workflow02.pdf](http://www.wfmc.org/information/introduction_to_workflow02.pdf)
- [3] Jennings N R, Faratin P, Normam T J, et al. Implementing a Business Process Management System Using ADEPT: A Real-World Case Study. Intl. Journal of Applied AI, 2000, 14(5): 421-465
- [4] AgentBuilder, AgentBuilder Reference Manual. <http://www.agentbuilder.com/Documentation/ReferenceManual-v1.4.pdf>
- [5] Tilab, Introduction to JADE. <http://jade.tilab.com/doc/html/intro.htm>
- [6] 曹健,张申生. 基于 ECA 规则的适应性 workflow 技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2002, 8(9): 737-741