

基于多 Agent 的开放信息集成体系结构*

龚报钧 王树青

(浙江大学工业控制技术国家重点实验室 杭州 310027)

摘要 提出基于多 Agent 的开放信息集成体系结构,该体系结构分为界面层、协调层和模型层,每层均由多 Agent 系统组成。该体系结构的层次性以及多 Agent 系统所具有的自主能力、社交能力、反应能力和行为理性,不仅使企业信息集成平台具有清晰的结构,而且具有良好的开放性、集成性和自适应性。

最后讨论了该框架的实现技术,并给出了应用实例。

关键词 Agent, 信息集成, 业务重整, 分布式构件模型

分类号 TP 317

Open Architecture of Information Integrating Based on Multi-Agent

Gong Baojun, Wang Shuqing

(Zhejiang University)

Abstract An open architecture of information integrating based on multi-agent(OAIIA) is proposed. OAIIA consists of three tiers: interface tier, coordination tier and model tier, and each tier is composed of multi-agent. Due to the explicit three-tier structure of OAIIA and the autonomy, sociability, reactivity and rationality of multi-agent, the enterprise information integrating platform based on OAIIA has many advantages such as good open-ability, integration-ability and self-adaptability. The implementation technique and a case of supporting dynamic business process based on OAIIA are also discussed.

Key words agent, information integrating, business process reengineering, distributed component object model

1 引言

随着社会经济的发展和市场竞争的加剧,对市场变化反应的敏捷度以及服务成为企业赢得市场和顾客的关键。传统企业正朝高度集成化、高度柔性和灵活性的方向发展,实现“现代化集成”已成为改造传统企业使之成为现代化企业的途径^[1]。对于流程型生产企业而言,企业综合自动化(CIPS)是实现现代化集成管理的重要手段之一。MRPII 被认为是 CIMS 的中心^[2];与之相适应,综合信息集成平台也被认为是 CIPS 的核心。综合信息集成平台应满足如下要求:

1) 高度的通用性和适应性: 不仅满足不同行业

的应用要求,而且应保证在企业组织机构、业务流程发生调整时,信息集成平台不能因此而废弃;

2) 强调“以人为中心”的管理,达到人与系统的高度融合;

3) 集成异质信息资源的能力: 信息集成平台需集成的信息资源,无论在种类上还是在技术上差异都很大,既包括现有的信息管理子系统,又包括单元控制系统,需集成的范围也超越了企业本身的范围,扩展到整个供应链。

Agent 以及多 Agent 系统(MAS)已成为分布式人工智能研究的热点。人们已认识到要对社会性的智能进行研究,构成社会的基本构件“人”的对应物“Agent”理应成为人工智能研究的基本对象,而社会的对应物“多 Agent 系统”也应成为人工智能研究的基本对象^[3]。由于多 Agent 系统具有自主能力、社交能力、反应能力和行为理性等特点,所以可

* 国家自然科学基金项目(79970035)

为建立企业信息集成平台提供崭新的途径。

1) 多 Agent 系统是一个既分布又协调的系统, 非常适合于构造具有高度开放性、分布性、可重构性和可伸缩性的信息集成框架, 为集成“异质信息孤岛”提供新途径。

2) 多 Agent 系统具有智能性、自适应性、自组织性、层次性等特点, 能有效地实现对企业流程的重组, 协调技术与组织之间的相互依赖关系, 并可极大地提高信息集成平台的通用性和适应性。

3) 借助于接口型 Agent 与人之间的良好交互性, 可形成一种人机相互激励、优势互补、共同寻求问题求解的有效环境, 从而有效地支持“以人为中心”的管理。

4) 移动型 Agent 的移动性和自主运行性能不仅为信息集成平台带来完整的分布式计算环境, 而且可提供一个自然的执行“自由市场”规则的计算环境, 新的服务能动态地来到和离去, 各种服务可在网络上就地安装, 等待移动型 Agent 前来漫游, 协商服务的提供、启动和付费。

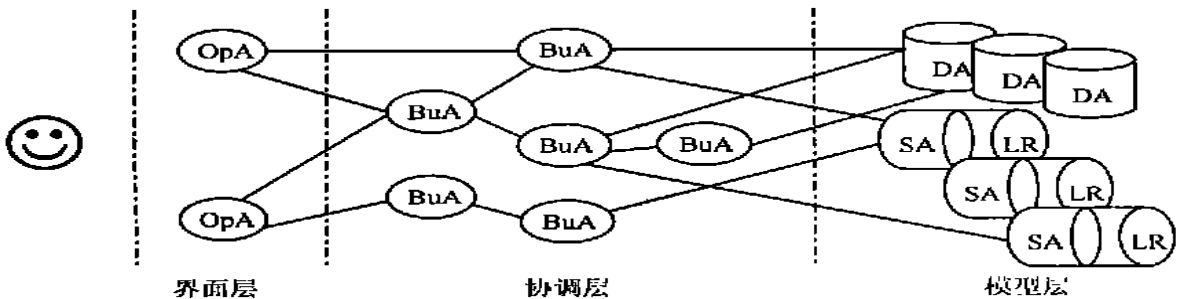
Agent 的独特优势已引起研究者的关注。Stanford 大学集成系统中心在提出基于 Agent 的企业集成框架的基础上, 开发出两个应用企业系统原型: 集成电路芯片制造和经营管理信息系统^[4-6]。目前, 多数研究者着眼于系统的开放性, 而忽略了集成系统的可重构性和自适应性。基于多 Agent 的开放信息集成体系结构(OAIIA)充分利用了 Agent 的特性和面向对象技术, 不仅能有效地解决信息集成平台的开放性问题, 而且可为企业进行业务流程再造提供新的途径, 从而提高了信息集成平台的通用性和适应性。

2 基于多 Agent 的开放信息集成框架

企业信息集成平台实际上是一个交互系统, 它可抽象为三层: 界面层、协调层和模型层^[7]。由于面向 Agent 的编程风范(AOP)被视为面向对象编程(OOP)的特例^[8], 所以在文献[7]工作的基础上融入了 Agent 特性, 构造出如图 1 所示的基于 Agent 的开放信息集成体系框架。该框架中的 Agent 与 Object 相比, 是一种比较高级、粗粒度、可重用、能通过外界的通信进行感知, 并根据感知结果(外部事件)及内部状态的变化, 独立地决定和控制自身行为的相对独立的软硬件综合实体。

界面层由一组个人助理 Agent(OpA)组成, 用户通过 OpA 与系统中其它 Agent 进行通信和协同工作。OpA 属于接口型 Agent, 它主要充当用户的敏捷助手, 用户查询信息的导航, 信息记忆、筛选和评价的助手, 电子商务的买卖代表等角色。OpA 的外在表现形式和功能以及 OpA 连接的拓扑结构, 主要由用户的业务特征和工作习惯决定。本层的设计重点在于: 用户级视图的功能分析, 用户业务特征和工作习惯的研究, OpA 学习和训练方法以及知识来源的确定, 人机相互激励环境的建立等。由于界面层的相对独立性, 已抽象和定义好的界面框架和 OpA 可以方便地应用于其它问题域。

协调层由异质多 Agent 系统构成, 其中每一个业务处理 Agent(BuA)对应于企业中粗粒度的具有一定特定性和原子性的业务处理元过程。协调层是企业经营活动的反映, 它位于模型层和界面层之间, 用于连接界面层和模型层。协调层负责解释并执行界面层传来的消息, 使模型层诸 Agent 协调动作, 完成用户所要求的状态变化。可借助于面向对象方法获取协调层的模型。OOA 所建立的问题域动态模型是设计协调层的重要依据。本层的设计重点在于: 企业经营活动的模型化, BuA 之间的层次结构, BuA连接的拓扑结构对企业组织结构和业务流程变



OpA: 个人助理 Agent BuA: 业务处理 Agent DA: 数据模型 Agent SA: 语义描述 Agent LR: 遗产资源

图 1 开放信息集成体系框架

更的自适应调整算法等。其目标是不仅满足企业现行业务流程, 而且能适应企业流程再造的需要。

模型层是企业固有数据模型的反映, 它反映真实世界实体及其联系。模型层的建立是从用户需求分析入手, 将现实问题空间映射到计算机空间。面向对象分析方法非常适合于建立问题域模型^[9,10]。模型层包括图 1 所示的两类 Agent: DA, SA 和 LR 的结合体。DA 是新构筑的数据模型 Agent, 信息集成已成自然; LR 是“遗产”信息资源, SA 是语义描述 Agent, 是集成异质信息资源的重要桥梁。本层的设计重点在于: 分析并获取问题域模型, SA 的设计和抽象。

上述三层结构, 各层的功能和重点都非常明确, 清晰地表达了系统的结构。模型层是信息集成的基础, 各种异质信息资源在此进行融合; 协调层是企业业务流程的反映, 其核心是业务处理的柔性、技术与组织的融合; 界面层是人与系统的结合点。至于如何获取各层模型, 将在另文介绍。

3 OAlIA 中的 Agent 结构

3.1 模型层的 Agent 结构

模型层包括两类 Agent: DA, SA 和 LR 的结合体。

DA 可抽象为二层: 上层由统一格式的本地数据描述(包括语义、句法、结构、方法接口 4 方面描述)、方法、知识组成; 下层是传统意义上的数据库系统, 由若干表(Table)组成。直观而言, 它是数据库(DB)系统的一种扩展。其定义如下:

DA := label 数据描述和知识 DB

数据描述和知识 := 本地数据描述 知识库 通信协作机制 心态

本地数据描述 := 语义 句法 结构 方法 属性 方法接口

知识库 := 事件-动作规则 如何获得帮助 向谁报告

心态 := 信念 意向 承诺 责任

DB := 主题数据库编号 主题数据库名称 Table

SA 和 LR 的结合体是模型层的第二类 Agent, 也是集成异质信息资源的重要途径。“遗产”系统分为两类: 一类为处于孤岛运行状态, 独立完成指定的动作, 如单元控制系统; 另一类是以数据库为核心的信息处理系统。两类“遗产”系统有一个共同的特征,

即自成体系, 封闭、独立地运行。集成“遗产”系统的方法有两种: 对第一类“遗产”系统, 在其之上建立 SA, 具体的功能实现由“遗产”系统完成; 对第二类“遗产”系统, 将其改造成信息型 Agent, 其上的 SA 包含一套自主执行的搜索工具和互联网索引, 用它收集用户请求的信息, 并将结果保存在用户指定的位置。其定义如下:

SA 和 LR 组合体 := label SA LR

SA := 本地数据描述 知识库 通讯协作机制 心态

本地数据描述 := 语义 句法 结构 方法 属性 方法接口

知识库 := 事件-动作规则 如何获得帮助 向谁报告

心态 := 信念 意向 承诺 责任
或 SA := 搜索引擎 资源索引 方法

3.2 协调层的 Agent 结构

协调层中 Agent 网络的拓扑结构和关联关系构成了企业业务处理模型, BuA 与模型层中 Agent 相比, 其特点在于:

1) 熟人模型(与其关联的 Agent 模型)是 BuA 重要的组成部分, BuA 之间不仅有着紧密的关联, 而且与界面层 Agent 和模型层 Agent 之间也有千丝万缕的联系, 而模型层内的 Agent 之间则不存在直接联系, 并且相对被动;

2) 模型层 Agent 强调稳定的数据模型, 只包含简单而固定的数据操作原语, 复杂多变的数据处理则由协调层 Agent 完成;

3) 协调层的 BuA 有一个事务处理描述器, 它与 BuA 中的知识库相结合能提高信息集成平台的业务处理柔性。

协调层 BuA 的结构定义如下:

BuA := label 本地数据描述 事务处理描述器 知识库 通信协作机制 心态 熟人模型

本地数据描述 := 语义 句法 结构 方法 属性 方法接口

知识库 := 事件-动作规则 如何获得帮助 向谁报告

心态 := 信念 意向 承诺 责任
熟人模型 := label 方法接口 属性

3.3 界面层的 Agent 结构

界面层 Agent 作为用户与系统的中介, 是实现人机高度融合的关键。其主要组成部分包括: 学习方

式、用户操作模型、熟人模型。

OpA := label 本地数据描述 操作描述
器 知识库 通信协作机制 心态 熟人模型 训练器

本地数据描述 := 语义 句法 结构 方法
属性 方法接口

知识库 := 事件-动作规则 如何获得帮助
向谁报告

心态 := 信念 意向 承诺 责任

熟人模型 := label 方法接口 属性

4 实现技术

为了实现基于 OAHIA 的企业信息集成平台, 可选择 JAVA, C++ Builder 等支持 CORBA 或 DCOM 的开发工具, 以 Windows NT 为计算环境较为适合。首先, COM 可提供为创建一个非特定语言的标准对象集合而定义的规范方法, 并可提供允许实现一类对象的方法, 这类对象可在不同的进程中调用, 所以 COM, DCOM 非常适合于构造 Agent; 其次, 微软事务服务器(MTS)是帮助用户处理多客户共享的分布式应用程序的一种工具, 而信息集成平台必然是一个分布式计算环境; 最后, C++ Builder 等工具为开发基于 COM 或 DCOM 的应用程序提供了相关的类, 并能方便地创建一个用于 MTS 的 COM 对象。

由于 Internet 的普及, Agent 具有的知识相对简单, 加上 C++ Builder 等支持 CORBA 或 DCOM 开发工具的出现, 从而从技术上保证了基于 OAHIA 的企业信息集成平台实现的可能性。目前有人已在基于 CORBA 实现图形用户界面上做了尝试^[1]。

5 应用实例

现在举例说明基于 OAHIA 的企业信息集成平台如何实现企业动态作业流程。

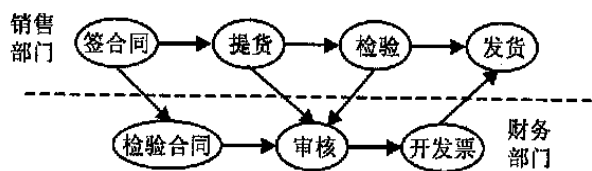


图 2 某企业销售发货流程

Berrigto 将价值传递过程(VDP)概念用于减少或消除无效活动的分析, 这是比较重要的企业流程再造(BPR)方法论之一。根据该理论, 图 2 所示的传统销售发货流程存在部分不增值活动。

在图 2 中, 为了保证往来单据的正确性, 销售部门和会计部门需要花费大量的人力核对许多冗余单据的往来, 因此导致对客户响应速度迟缓。假如企业一方面要保证往来单据的正确性(保留原流程), 另一方面又要对信用度好的客户、重要客户、紧急合同等提高交货速度, 从而将财务部门的审核置于发货之后, 那么企业销售发货流程就需要动态地改变。

设图 2 中每一个业务处理点对应协调层中的一个 BuA, 为了支持业务动态调整, 每个 BuA 的知识库和事务处理描述器中应加入相关的动态业务处理知识和业务描述。如在发货 Agent 中的知识库和事务处理流程描述器中, 分别对动态业务处理知识以及快捷、普通发货流程进行描述, 以实现销售发货业务的动态支持。

发货 Agent 知识库中的发货流程选择规则如下, 其中的知识按框架描述法组织。

框架: 发货流程选择

```

if 合同数据 Agent 优先级(合同号) > × ×
then 按快捷流程发货;
if 合同数据 Agent 优先级(合同号) × ×
then 按普通流程发货。

```

由于每个 Agent 既有关于其自身信息的统一描述, 又有关于相关联的 Agent 的接口信息, 因此能非常自然而方便地实现 Agent 之间的方法动态调用, 较好地支持企业动态业务。

6 结 论

本文将多 Agent 技术引入企业信息集成平台的研究, 并将 Agen 技术与业已成熟的对象技术相结合, 从而提出基于多 Agent 的开放信息集成体系结构。它不仅具备集成异质信息资源的能力, 而且能有机地协调技术与组织、技术与人的关系, 提高系统的通用性和适应性。层次清晰的三层结构使得各层的功能和分工非常明确, 易于设计实现, 并能提高软件 Agent 的重用性。

(下转第 434 页)

图 2(a) 为采用反投影算法, 以充满 1/2 管道静态水模拟层流的图象重建结果; 图 2(b) 为采用最大熵图象重建算法重建的结果 ($\lambda = 0.26$)。实验结果表明, 所建立的图象重建模型是可靠的, 图象重建结果明显优于反投影算法。

5 结 论

本文针对电容层析成像图象重建算法存在的不足, 对由投影数据重建图象这一逆问题提出了最大熵图象重建算法。该方法利用信息熵的概念, 用重建图象灰度信号去构造约束代价泛函, 从不唯一的可行解的集合中选出所需要的唯一解, 从而克服了诸如重建图象局部光滑性, 重建图象能量有限等一些人为假设, 并隐含实现了这些约束。实验结果表明, 图象重建模型是可靠的, 最大熵图象重建算法重建精度优于反投影算法。该方法具有简单快捷、实时性强等优点, 可实现图象的快速重建。但最大熵图象重建算法还不能完全消除不合理假设带来的误差, 这有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 1 S M Huang, Green R G, M S Beckl. Tomographic imaging of two-component flow using capacitance sensors. *J Phys E: Sci Instrum*, 1989, 22: 173~177
- 2 C G Xie, S M Huang, B S Hoyle. Electrical capacitance

tomography for flow imaging: System mode for development of image reconstruction algorithms and design of primary sensors. *IEE Proc G*, 1992, 139: 89~98

- 3 N Reinecke, D Mewes. Recent development and industrial/research applications of capacitance tomography. *Meas Sci Tec*, 1996, 7: 233~246
- 4 S H Kan, F Abdullah. Finite element modeling of multi-electrode capacitive systems for flow imaging. *IEE Proc G*, 1993, 140(3): 216~222
- 5 C G Xie, S M Huang. Experimental evaluation of capacitance tomographic flow imaging systems using physical models. *IEE Proc Circ Dev Syst*, 1995, (141): 357~368
- 6 W Q Yang. Modeling of capacitance tomography sensors. *IEE Proc Sci Meas Tec*, 1997, (144): 203~208
- 7 王国荣. 矩阵与算子广义逆. 北京: 科学出版社, 1994
- 8 王延平. 信号复原与重建. 南京: 东南大学出版社, 1992

作 者 简 介

夏靖波 男, 1963年生。空军工程大学电讯工程学院副教授, 博士后。研究方向为工业过程成象。

魏 颖 女, 1968年生。东北大学信息科学与工程学院博士生。研究方向为工业过程成象。

陆增喜 男, 1968年生。东北大学信息科学与工程学院工程师。研究方向为多相流参数检测。

褚改霞 女, 1973年生。1995年毕业于东北大学自控系, 现在西宁钢厂计控处工作。

(上接第 430 页)

参 考 文 献

- 1 华宏鸣. “传统企业”向“现代企业”过渡的途径——“现代化集成”管理. *管理工程学报*, 1997, 11(4): 251~258
- 2 白英彩. 计算机集成制造系统——CIMS. 北京: 学苑出版社, 1994
- 3 史忠植. 高级人工智能. 北京: 科学出版社, 1998
- 4 J Y C Pan, J M Tenebaum. An intelligent agent framework for enterprise integration. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, 1991, 21(6): 1391~1408
- 5 J Y C Pan, J M Tenebaum, J Glicksman. A framework for knowledge-based computer-integrated manufacturing. *IEEE Trans on Semicond Manufact*, 1989, 2: 33~46
- 6 J Glicksman, J B L Hitson, Y C Pan *et al*. MKS: A conceptually centralized knowledge service for distributed CIM environments. *J of Intelligent Manufacturing*, 1991, 2(1): 27~42
- 7 龚报钧, 张泉灵, 王树青. 基于 Broadcast 模板的交互系统. *计算机工程与应用*, 1998, 34(5): 34~37

8 Yoav Shoham. Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, 1993, 60: 51~92

9 P Coad, E Yourdon. 邵维忠译. 面向对象分析. 北京: 北京大学出版社, 1992

10 S Bailin. An object-oriented requirements specification method communications of ACM, 1989, 32(5): 608~623

11 朱军, 华庆一, 郝克刚. 一个基于 CORBA 的图形用户界面体系结构及实例. *计算机学报*, 1999, 21(1): 79~85

作 者 简 介

龚报钧 男, 1969年生。南昌大学教师, 浙江大学工业控制技术研究所博士生。主要研究方向为企业综合自动化, 管理信息系统, 智能控制理论及应用等。

王树青 男, 1939年生。浙江大学工业控制技术国家重点实验室主任, 教授, 博士生导师。主要研究方向为自动控制理论及应用, 工业生产过程模型化与优化控制, 计算机控制和集成生产系统。