

虚拟企业的体系架构设计与协同层次化的模拟研究^{*}

曹宝香 夏小娜

(曲阜师范大学计算机科学学院 山东日照 276826)

摘要 分析虚拟企业的体系结构,借助 UML 中部署图的概念,把参与其中的相关单位定义成虚拟企业的功能节点,提出了基于 workflow 管理系统的构架。针对系统的柔性业务处理,以及任务协同处理的实现,做深入的层次化设计。在此基础上,把层次化模型作形式化的描述。

关键词 虚拟企业,层次化,柔性,UML(统一建模语言),节点,使能环

The Design of Virtual Enterprise Architecture and the Hierarchical Simulation's Research

CAO Bao-Xiang XIA Xiao-Na

(Computer Science College, Qufu Normal University, Rizhao 276826)

Abstract This paper analyzes the virtual enterprise architecture. By deployment diagram of UML, the units which participate in the definition of virtual enterprise are defined into functional nodes, then a work flow management system's framework is built. In view of the flexible business process, as well as the realization of cooperative tasks, there is an in-depth level design. On this basis, the hierarchical model is formally described.

Keywords Virtual enterprise, Hierarchical, Flexible, UML(Unified Modeling Language), Node, Enable circle

1 前言

从不同角度理解虚拟企业(VE: Virtual Enterprise)可以分成两种集成模式:企业内柔性实现与企业间协同实现。前者,就是在一个企业内,把信息化管理的不同系统借助于一个柔性平台进行有机的集成,达到数据共享、流程化的数据处理与控制,这是在一定时间内相对固定的单企业生产模型化处理,存在企业实体;企业间协同实现是指,不同的企业有一套自己的管理模式,要在一个范围内进行资源、生产、业务的协同,就需要借助于集成环境把各个协同单位统一成 workflow,在此集成环境中,不同的企业都作为 workflow 中的参与角色,接受流程业务的规范,完成自己的职责,协作一旦完成,虚拟企业可以就此解散,这是时效性、合作性较强的企业间业务协作的模拟实现,不存在企业实体。

实质上,虚拟企业在经营活动中要与其他真实企业或虚拟企业发生直接或间接的联系,同时,一个虚拟企业也完全有可能成为另一个虚拟企业的成员而形成高一层次的虚拟,依此类推,形成一个合作的层次化柔性管理梯队是在理情之中的。在此情况下,就必须考虑虚拟企业与外部其他各类企业内部的业务处理流程,比如供应链、workflow 等。本文在分析虚拟企业的体系结构基础上,对广义虚拟企业架构的搭建作层次化的处理,并对层次化结果作形式化描述,借助于面向对象技术把整个分析结果作形象直观的模拟。

2 虚拟企业集成基础

workflow 技术作为计算机技术和自动化技术的结合,在流程优化的基础上,已能够实现企业内业务流程的全部或部分自动化,在 workflow 管理系统中,强调的是流程的统一、系统目

标的一致和过程的动态衔接。要把这些不同的 workflow 在一个虚拟的网络里面成为一个暂时的信息处理联盟,我们可以考虑 workflow 的互操作实现问题。再者,我们也可以把每个企业的业务流程封装成有一定逻辑处理能力的节点,虚拟企业的实现就变成了不同节点的集成,这里,我们采用广义范围上的 workflow 技术也是适合问题解决的。

workflow 管理系统以流程运作为主线,是在产品信息逻辑约束和产品制造资源计划相匹配、协调、优化基础上产生的过程运作,workflow 开展的主要信息与物质来源是虚拟企业中的各个组成节点,由实现节点的内部 workflow 提供,虚拟企业的主体 workflow 借助于集成接口技术处理所获得数据,驱动流程的展开。workflow 的目标是实现产品从概念到拓扑、再到物理实体的转换。所以,利用 workflow 作为节点企业集成的基础,在过程目标一致、支持对象一致的基础上,进一步强化了整体虚拟企业内部的联系与合作。

workflow 的运作本身是动态的,通过它实现资源的分发和共享,在目标一致的基础上,有效实现了节点企业相互之间的渗透和对话,具有局部功能复用、全局信息共享和过程目标一致的特点,符合虚拟企业搭建的基础要求,强化了实现合作的系统总线作用。

3 虚拟企业系统集成框架

基于 workflow 的虚拟企业系统中,每个节点企业都有自己的使能技术,这些使能技术集成在一起,形成一个使能环,有效地支持基于并行工程的整体运作过程,使能环作用的发挥,主要是通过信息逻辑的约束关系,借助 workflow 的调节规约作用,来指导执行或实现信息透明的过程开展,如利用逻辑局部条件的满足与流程一体化监控,来把握激活过程开展的时机,

^{*} 本文由国家自然科学基金项目(项目编号:60072014)和省自然科学基金项目(项目编号:Y2003G01)资助。曹宝香 教授,硕士生导师,研究方向:计算机图形学、CAD。夏小娜 助教,硕士研究生,研究方向:管理信息系统、软件工程。

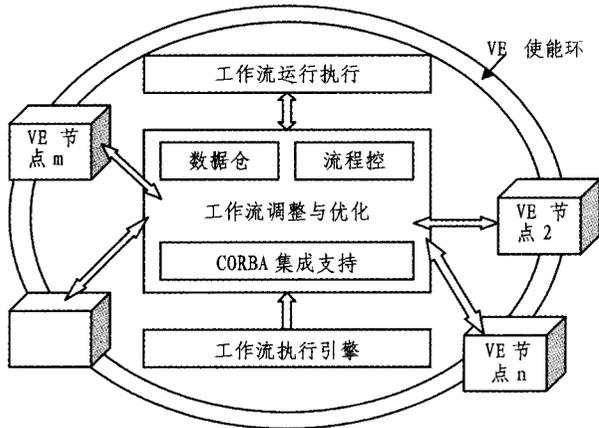


图 1 基于工作流的 VE 系统体系结构

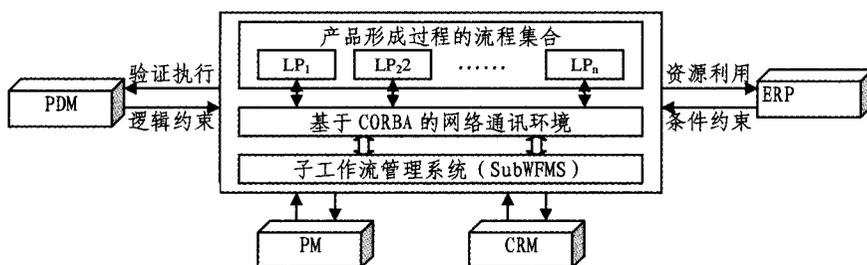
也可利用信息开展的逻辑路线,来控制并行度和泛化成分,即节点互操作的无碍实现。在工作流的控制流程中,除了一个总体数据的逻辑处理中心外,还需要一个流程控制总部,对过程开展的指导和约束是通过它的资源利用与配置管理来体

现,通过为过程提供所需的实体资源,保证过程开展的顺利。基于上述分析,建立起基于工作流互操作技术的虚拟企业集成系统总体框架,如图 1 所示。

VE 的实体节点采用 UML 建模中部署图的节点表示符号,从面向对象的角度表征这是个具有逻辑处理能力的流程化控制实体,它通过内部的工作流系统达到 PDM、ERP 等基础信息与资源的有效处理,与整体控制工作流间的数据交互是双向过程。工作流会发出资源利用的需求,各个 VE 节点提供出需求内容,并经过条件约束的处理传到工作流控制中心,借助于数据仓库和流程控制实现管理与处理上的使能环功效。

这样,参与其中的 VE 节点看作是合作生产的信息与实体空间,工作流管理系统则是实现不同节点联系的过程函数集,即整体 VE 体系的中央处理器。

图 2 为每个节点的功能细化理想图。当然,不同的参与企业整体的信息管理方式是不同的,只要它与 VE 的交互能够借助于整体制定的条件约束就达到了参与合作的目的。这里给出的是基于内部工作流技术的信息与资源实体的集成剖面。



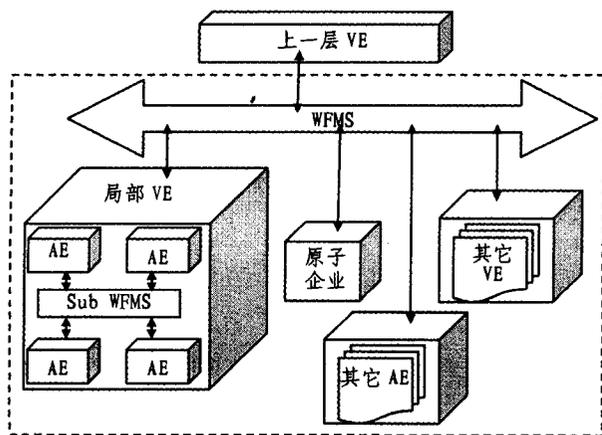
注: PDM; Product Data Management, 产品数据管理; PM; Project Management, 项目管理; CRM; Customer Relation Management, 客户关系管理; ERP; Enterprise Resource Planning, 企业资源规划

图 2 VE 节点内部实现剖面图

4 虚拟企业的层次化体系

虚拟企业是一个逻辑上的整合单位,实现上犹如一个企业的信息化处理,它既是一个集成不同企业的粘合剂,又可以成为另一个虚拟企业的参与伙伴,从纵向考虑这是一个层次化的企业架构,当层次不断地扩展与细化,多层次的全球虚拟企业一体化就形成了。

一般意义上,会把较低层面的虚拟企业定义成一个区域性较强的概念,大多数为中小企业,较高层面虚拟企业的成员可以是包括单一真实企业(原子态)和它下层的虚拟企业(集成态),即组成部分的性质可以是原子态,也可以是集成态。从理论角度,较高层面的虚拟企业会担任两重角色,上面讲的是一种情况,另外,它还可以是另一个更高层次虚拟企业的成员。在这样的层次化虚拟企业体系里,关键在于运行效率与信息资源配置的全局优化,实现协调平衡,最重要的决定因素就是实现纵横两方面业务控制的工作流管理系统。图 3 为最简单的两层虚拟企业体系结构。图中局部 VE 结构,是借鉴了 UML 中嵌入构件的节点设计思想,来说明局部 VE 结构具有业务处理的实现原理。



注: AE; Atom Enterprise, 原子企业。

Sub WFMS; 实现局部虚拟企业的子工作流管理系统。

图 3 VE 纵向层次化简要结构

5 虚拟企业层次化的形式化模型描述

工作流管理系统是一个业务组织中介,借助于软件的实现流程我们只能看到一个纵横两方面的剖面,输入输出的静态数据,或者是状态的表征符号,对于整个的流程控制与业务逻辑基本上是完全透明的,我们要考虑这个流程的实施步骤及活动执行情况,仅仅从静态的数据与状态符号是不够的,这需要我们z把基于工作流的虚拟企业系统进行抽象,以形式化符号的形式表达其构成,以互为基础,借助于基础数学理论进行论证与优化,这是虚拟企业在开发与实施中需进一步探讨的课题。本节从层次化的概念出发,泛化 WSDL 中的工作流

描述模型,形式化表达基于层次化理论和 workflow 技术的虚拟企业系统。

5.1 层次化过程模型的相关概念

过程模型设计两部分内容:层次化的实体和层次间的关系。

在基于 workflow 的虚拟企业层次中,关于实体,有这样的几个定义:

①活动:是对业务过程中一个执行步骤的抽象描述,这里以一个原子企业在流程中每次的执行流程为基准点,是一个抽象实体,语义不同,类型有分别,根据相关步骤的难易度不同,又可以分成原子活动和集成活动。

②过程:是对客观的业务过程结构的抽象描述,根据层面的不同,可以分成多个过程。虚拟企业的每一个实现层面可以看作一个过程,又可以看成是多个子过程的集成。它相关了过程名称、时限、活动列表、开始活动、结束活动、优先级等。借助于过程及相关概念,可以清楚地区分一个虚拟企业中并行的流程。

③外部协作:在活动执行过程中所调用的应用系统,借助于协作名称、位置、输入输出参数等标识不同的协作。

不管是活动还是过程,它们都是交互过程的集成体,在形式化描述中,我们考虑用 UML 用例描述的符号—椭圆。这里约定,实线椭圆表示活动,虚线椭圆表示过程,并且要求在功能实现上支持嵌套。当然,根据后序优化的需要,可以对用例进一步地抽象,可以考虑对象的概念。对象是面向对象中的基本数据处理单位,有自己的属性,又有相关的操作,它也是问题解决中最简单和灵活的实体,这样,我们勿需再单独定义,就可以直接运用对象定义及关系的建模性质表达出虚拟企业层次化的实质。但是,要把实际的虚拟企业功能节点细化成对象及其关系的描述,层次化只是其中最基本的操作。下文是以节点这种粒度大的概念理解虚拟企业层次的形式化,为以后的深度细化做一包结构式的论证。

对于关系,不管是业务关系表述还是模型关系的建立,它们要表述的思想是一致的。运用 UML 中关系对虚拟企业层次化进行形式化表述,这是符合面向对象分析与设计思想的,利于以后的模型论证与优化。主要有以下几类关系:

①聚合关系:连接过程和活动,表示过程由多个活动或者子过程组成。同时也说明了这些活动与子过程与主体活动之间存在的是一种逻辑上的组成关系,它们可以离开主体过程而独立存在,或者参与到其他主体过程之中。

②组合关系:基本概念类似于聚合关系。不过,它强调的是严格意义上的物理组成关系,活动与子过程离开主体过程不再具有意义。这种关系,不符合虚拟企业的设计主旨。我们提倡过程的并行性及柔性,这种嵌入式的完全依赖关系是违背这种思想的,一般不予考虑。

③先序关系:表示活动、过程之间存在的严格约束关系,在执行中必须按照事先的次序进行。

④泛化关系:活动是抽象实体,在建模时具体化为某个原子企业的活动或者是局部虚拟企业的工作流程。

⑤依赖关系:表示一个子过程在执行时引用另一个过程对象或者某个应用程序。

这五种关系基本上可以描述虚拟企业流程实现中的关系,我们可以通过考察关系的相关属性,比如多重性、关系角色等,把关系表达得更加形象。

同一抽象层次的活动之间存在着先序关系,这种关系定

义了业务过程中的控制流和数据流。workflow 管理系统定义的控制结构足够可以描述层次化的处理逻辑。

5.2 层次化的形式化描述

为了体现过程模型的层次化概念,定义两个概念:超过程模型和子过程模型。基于形象的区分结构的层次化,对最简单的两元关系涉及的元素进行定义:如果在流程控制中,一个层次的过程中包含某个子过程,这个子过程依赖另一个过程模型,则称前者为后者的超过程模型,后者为前者的子过程模型。在一个层次化的模型形式化定义中,虚拟企业的主体 workflow 是在本虚拟企业内没有超过程模型的,但它可以作为其它过程模型的子过程模型;也必有一部分只为上层所引用而不引用其它的过程模型,我们可以称它们为叶子过程模型。从虚拟企业的纵横两方面分析可以看出,每个过程模型的超过程模型数量是不限的,同样,也可以有多个子过程模型,但是,不同的过程模型之间不是无序的,它们组成的是一个协同分布式的有向图推进流程体系。这类似于一个量化的网,每个关系涉及到方向,一定程度上又可以表达一定的权值,是很复杂的。

从上面约定可以得到,超过程模型和子过程从此关系网中找出规律与关系,就需进行形式化的优化与精简,借助于其它工具完成,这是以后的研究课题。基于 workflow 的虚拟企业层次化就是形式化各个二元关系、再搭建成体系关系的过程。程模型是相对的,是有定义的有向图,如图 4 所示,为层次化的一个结构,视觉上是树状的,但是它的逻辑处理这里只能定义成是个有向图,用树是不足以表达它们的层次的。它的图符与关系的建立这里全运用面向对象的定义,既面把结构进行了形式化,也直观地表述出了基于 workflow 的虚拟企业层次化的逻辑抽象表达。

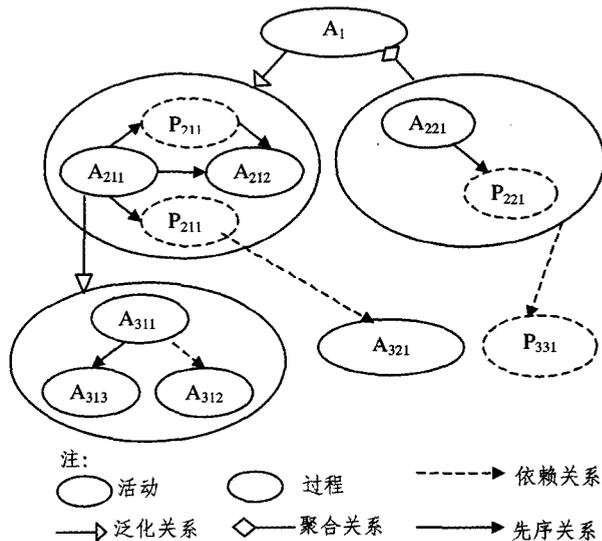


图 4 虚拟企业层次化的形式描述

在实际的表达中,不提倡层次过多,一般情况下,不允许超过三层。如果在构建设计中,发现了调用复杂、数据交互繁琐的结构,这时就需要考虑形式化模型的优化了,需要借助于形式化的证明逻辑实现把模型精剪与分割。比如伙伴关系的建立与优化证明。本文不再涉及这方面的工作。

结论 文章从虚拟企业的思想谈起,横向上提出了基于 workflow 技术的虚拟企业,把系统的实现流程在 workflow 管理系统的软件总线支持下实现无缝的柔性集成,把整个的软件平

(下转第 167 页)

表 2 复合气味学习样本

样本代号	输入			输出
	X ₁	X ₂	X ₃	
M _{ix1}	0.0921875	0.0203125	0.0469813	1.0
M _{ix2}	0.0787875	0.0562348	0.0643421	1.0
M _{ix3}	0.2757422	0.3897162	0.1478652	0.75
M _{ix4}	0.338623	0.2989764	0.8765244	0.75
M _{ix5}	0.5824603	0.5642223	0.7676458	0.5
M _{ix6}	0.6754325	0.5003245	0.5498712	0.5
M _{ix7}	0.8428812	0.8765420	0.9123091	0.25
M _{ix8}	0.7999802	0.8767562	0.8430086	0.25
.....

表 3 模糊神经网络的分类结果

样本代号	实际输出	期望输出	气味类别
M _{ix1}	0.96	1.0	食物
M _{ix2}	1.01	1.0	食物
M _{ix3}	0.81	0.75	鲨鱼
M _{ix4}	0.76	0.75	鲨鱼
M _{ix5}	0.52	0.5	人工鱼
M _{ix6}	0.44	0.5	人工鱼
M _{ix7}	0.21	0.25	水草
M _{ix8}	0.28	0.25	水草

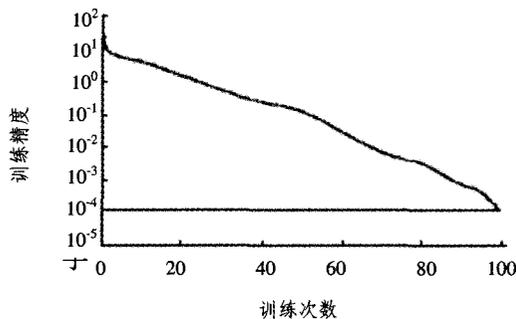


图 4 模糊神经网络系统训练过程

案例 3 分别投放味道为甜、鲜的食物。在动画中逼真表现出一定范围内的人工鱼向食物“聚拢”过来,通过捕食竞争,得到食物的人工鱼将食物吃下。

动画仿真结果如图 5 所示。第一幅图描述了食物出现在人工鱼味觉感受器的感受范围内时的情景,其中有一条人工鱼是背对着食物的,这时它根本看不到食物,但通过味觉识别

仍能识别到食物。第二幅图描述了人工鱼去捕食的情景。

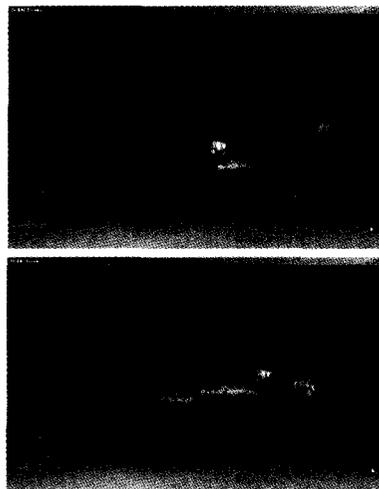


图 5 人工鱼信真动画

参 考 文 献

- 涂序彦. 广义人工生命及其应用. 见: 中国人工智能学会第一届“人工生命及应用”专题学术会议论文集, 人工生命及应用. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004. 1~13
- 涂晓媛. 人工鱼——计算机动画的人工生命方法[M]. 清华大学出版社, 2001
- Funge J, Tu Xiaoyuan, Terzopoulos D. Cognitive Modeling: Knowledge, Reasoning and Planning for Intelligent Characters. In: SIGGRAPH1999, Los Angeles, CA, USA, 1999. 29~38
- Terzopoulos D, Rabie T, Grzeszczuk R. Perception and Learning in Artificial Animals. In: Artificial Life V; Proc. Fifth Inter Conf. on the Synthesis and Simulation of Living Systems, Nara, Japan, 1996. 1~8
- Sommerer C, Mignonneau L. Interacting with Artificial Life: A-Volve. Complexity Journal, 1997, 2 (6): 13~21
- Ranier C, Netto M L. Application of Computer Information Technology in ALGA. In: CR_PBIC_RelatorioFinal, 2003. 1~20
- 陈泓娟. 人工鱼的自繁衍理论方法研究:[学位论文]. 北京科技大学, 2002
- 班晓娟, 等. 基于自主学习的人工鱼感知系统设计与实现. 电子学报, 2004, 2: 2041~2045
- Meng Xian-yu, Ban Xiao-juan, Zhang Shu-jun, et al. Design of Multi-Perception System Model for Artificial Fish in Virtual Environment. In: Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications, 2006. 2109~2113
- Finger T E. The gustatory system in teleost fish. In: Northcutt R G, Davis R E, eds. Michigan Fish Neurobiology. Michigan: University of Michigan Press, 1983, 1: 286~288
- Tucker D. Fish chemoreception. In: Northcutt R G, Davis R E, eds. Peripheral anatomy and physiology. Fish neurobiology. Michigan: University of Michigan Press, 1983, 1. 311~342
- Krantz C, Rulcker, Stenberg M. Electronic tongues for environmental monitoring based on sensor arrays and pattern recognition. [J] Analytica Chimica Acta(S0003-2670), 2001(426): 217~226

(上接第 156 页)

台设计成使能环与流程控制交叉的二维体系。在此基础上,对横向的分析结果进行纵向的层次化定义,这样,整个虚拟企业设计成了一个三维的功能体。针对后期层次化的论证与优化,对层次化进行了形式化定义与建模。

本文的后序工作就是基于层次化的形式化,进一步研究基于 workflow 技术的虚拟企业体系,并柔性地运用到形式化分析结果中,一方面借助于面向对象的分析与设计成果,另一方面借助于数学的基础论证实现层次化的优化与证明。

参 考 文 献

- 陈冰. 基于 Web 的动态虚拟企业 WSDVE 及其关键技术研究[M]:[西北工业大学博士论文]. 2003
- 李红臣,史美林. 工作流模型及其形式化描述[J]. 计算机学报, 2003, 26(11)

- 沈春龙. 支持虚拟企业项目过程管理的技术研究[J]. 小型微型计算机系统, 2004, 26(2)
- 杨善林,刘洋,马溪骏. 基于 WebServices 面向服务架构的虚拟企业解决方案[J]. 计算机应用研究, 2005(10)
- 管在林,周微,王艳红,等. 基于 Web 服务的虚拟企业协同计划调度系统研究[J]. 计算机应用研究, 2005(12)
- 李英杰,陈庆新,陈新度,等. 多属性虚拟企业部分并行协商项目规划[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(6)
- 周建宅,李彦强. 面向虚拟企业的分布式项目管理系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2006(9)
- 罗永远,王坚,戴毅茹. 基于模型的虚拟企业伙伴选择研究与应用[J]. 计算机应用, 2004, 24(1)
- 窦万春,江剑,李东波,等. 基于工作流的 PDM-ERP 集成系统研究[J]. 中国机械工程, 2002, 13(5)
- 彭勇. 虚拟企业生产过程的远程监控模型[J]. 计算机应用, 2005, 25(7)
- 叶飞帆,方志梅. 层次化虚拟企业及其供应链管理[J]. 中国机械工程, 2005, 16(2)