

文章编号: 1002-0411(2002)04-329-07

基于 MA 和 BP 的虚拟企业动态建模及关键技术研究

蒋伟进^{1,2} 金可音¹ 沈智慧¹ 王润球³

(1. 株洲工学院计算机系 株洲 412008; 2. 国防科技大学计算机学院 长沙 410073; 3. 株洲工学院经管学院 株洲 412008)

摘 要: 竞争迫使企业走到一起, 组成虚拟企业, 是现代企业的特征. 但如何迅速构建虚拟企业, 实现联盟企业间的重组、重用和柔性, 是传统企业要解决的首要问题. 文章分析了虚拟企业建模的特点和需求, 讨论了该领域的研究动态, 论述了企业建模的关键技术, 提出了基于多智能代理(MA)和事务过程(BP)的建模方法, 并介绍了该模型的应用实例. 为现代企业的组织形态和运营方式提供一种理论指导和解决方案.*

关键词: 虚拟企业(VE); 建模; 研究框架; 关键技术; 多智能代理(Multi Agent-MA); 事务过程(BP)
中图分类号: TP13 文献标识码: B

RESEARCH ON KEY TECHNOLOGIES OF VIRTUAL ENTERPRISE AND DYNAMIC MODELING BASED ON MA & BP

JIANG Wei-jin^{1,2} JIN Ke-yin¹ SHEN Zhi-hui¹ WANG Run-qiu²

(1. Computer Department, Zhuzhou Technology of Institute, Zhuzhou 412008;

2. Computer school, Nation University of Defend Technology, Changsha 410073;

3. Economic Administration Institute, Zhuzhou Technology of Institute, Zhuzhou 412008)

Abstract: Competitions enforce enterprises to get together. Organizing issues the virtual enterprises is one of features of the modern enterprises. However, how to resolve the issues that quickly construct the virtual enterprises and realize the reorganization and reuse of the enterpriser's alliance becomes the first problems of traditional enterprises. This article analyses the modeling necessities of virtual enterprises, discusses the research situation on this field inside and outside the country, expounds the key technologies of dynamic modeling, advances the modeling methods and models on the basis of Intelligence Agent, introduces examples of this model, and provides theoretical reference and resolution for modern enterprise's organization form and pattern.

Keywords: virtual enterprise, modeling, research architecture, key technology, multiagent, business process

1 引言(Introduction)

随着科技的发展和社会的进步, 世界范围内企业竞争日趋激烈, 企业的生产经营受到了前所未有的压力和挑战. 市场需求瞬变、生产技术日新月异, 竞争对手与日俱增, 而产品的生命周期越来越短, 这些方面使企业不得不作出决策, 调整自身的发展战略、组织形式和生产过程, 以增强企业的适应能力和生存发展能力. 虚拟企业(Virtual Enterprise)的出现正是这一机遇与挑战的产物, 而网络和通信技术的高速发展, 为企业资源的共享和虚拟企业的构建提供了基础和可能.

本文在分析了虚拟企业信息建模的特点和需求

的基础上对在建模过程中的关键技术作了深入探讨, 提出了基于 MA 和 BP 的虚拟企业构建模型, 并用实例验证了应用效果.

2 虚拟企业的发展及建模研究动态(Development and modeling research of VE)

在企业对自身经营结构调整的过程中, 不断有新的企业经营理念提出, 如 MRP、CIM、MRPII、JIT、FMS、ERP、供应链、供需链、精益生产、并行工程等等. 产品的生命周期(即虚拟企业的生命周期, 如图 1 所示)缩短及用户要求“个性化”使企业的生产趋于多品种, 小批量生产; 企业的组织机构调整,

业务重组和社会分工的进一步细化,使企业由单极大而全向小而精的多极化发展.在此基础上,企业的竞争能力和柔性化提高,可以快速地响应市场对新产品的要求.然而,新产品开发,可能会耗费企业大量的资源和时间,并影响到产品的上市时间和竞争力,增大了企业的经营风险,所以企业要考虑新的经营方式.在此情况下,出现了敏捷制造的经营理念,应敏捷制造思想而产生的新型企业组织结构和

运营方式,是虚拟企业,即动态联盟企业.虚拟企业是以某种市场机遇为基础,通过联盟企业之间的重组,充分利用各企业资源,以生产某类产品获得利润为目的.动态优化组合的企业联盟,它随产品的生产而存在,随产品的生产结束而解散.通过虚拟企业的形式,使企业间从松散的企业联系转换到集中的企业联盟,达到了联盟协作间的柔性化.

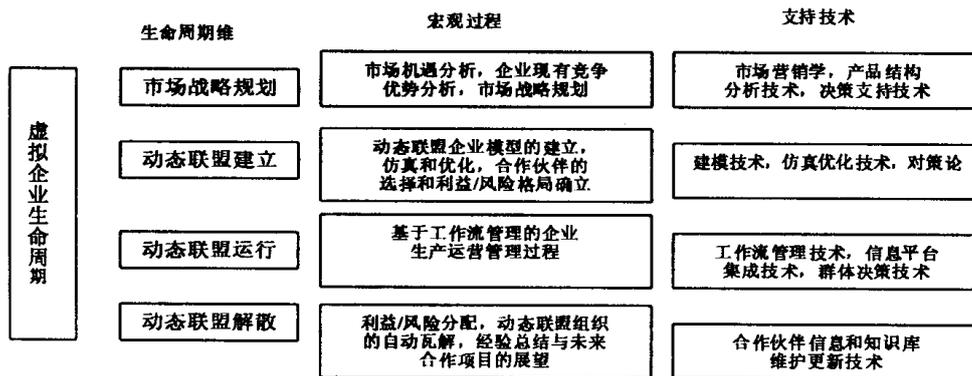


图1 虚拟企业的生命周期

Fig. 1 Life period of virtual enterprise

虚拟企业一词集成地描述了某类型企业的存在特征,“虚拟性”描述了企业是以快速响应市场机遇为目标而在多个企业之间形成的合作、协调、控制及约束关系,也描述了企业的重用(Reusable)、重组(Reconfigurable)和规模可调(Scalable).各企业为了适应变化的市场和取得竞争优势,在诸如设计、制造、分销等领域,通过动态联盟方式快速地实现各企业核心优势的共享和集成,从而共同获利.

虚拟企业融合了先进生产技术及其它多种先进管理思想,打破了企业内部的孤立界限,将“集成”的概念拓展为企业之间.它的动态组织及其集成问题在全球化生产技术中占据重要地位,如何迅速建立优化的虚拟企业是非常重要的问题,它在组织结构和生产管理上的高度复杂性对企业模型的指导作用提出了更新的要求.通过建模技术对虚拟企业的特征化和形式化的描述,在理解、设计、仿真和优化模型的基础上,为虚拟企业的成功建立提供前提保证.

自虚拟企业的概念提出后,很多学者进行了大量的相关理论和模型研究,并取得了一些实用.如K. Kosanke在CIMOSA框架中,根据CIMOSA面向过程建模的特点,按照过程分配的原则进行企业的动态联盟和协作开发.产品的开发流程是由处于异地的不同企业共同完成的,每一个合作企业负责一部分相关过程的实现.Li Hong在Purdue企业参

考体系的基础上,提出了企业链的建模体系.该体系认为,在一个企业经营的各个生命周期阶段,都不可避免地要与外界产生产品或服务的供求关系,而企业本身经营活动的结果(产品或服务)可能是其它企业经营活动中所需产品或服务的提供者.参与这种供求链的企业根据交互关系定义形成四类企业:策略管理企业实体、工程企业实体、制造企业实体和企业产品实体.企业链正是由这四类企业实体在产品不同开发阶段的交互关系构成的网络结构.徐晓飞等提出的动态联盟的模型体系及框架,该体系采用多视图的描述方法支持动态联盟企业模型的建立,同时可有效地支持动态联盟的经营过程优化与仿真活动、生命周期的企业特性分析(敏捷性、运行特性)及合作方式的确定等.

以上关于虚拟企业建模技术的研究尚处于原则性或定性研究,本文将在这些研究的基础上,结合我们的工程实践及思想理论,提出具有实效性的建模研究体系和相关技术.

3 基于MA和BP构件的虚拟企业建模支持环境与实现(Modeling of support environment & realize of VE Based on MA & BP)

3.1 虚拟企业系统集成建模支持环境

虚拟企业系统集成由企业核心的信息系统(In-

formation System, IS)、VE 协作支持环境及信息防火墙三部分组成。IS 是企业集成的具体实现, 它对企业运作实行全面系统管理。由于联盟企业承担的子项目要与企业运作的其它项目共享企业的各种资源, 各联盟企业为了满足项目合作的需要, 应建立信息交互平台, 即虚拟协作支持环境。它对合作过程中信息交互的范围和规则进行系统描述, 并对信息系统过程进行全面管理, 由协作设计层、协作管理层和协作支撑层组成。

(1) 协作设计层 采用一定的方法提取分项目模型中有关信息交互的内容, 对企业项目合作过程中交互信息的范围、内部结构、各种信息的组织关系、共享信息的使用规则等进行系统详尽的描述。

(2) 协作管理层 按照协作信息模型和项目进行状态发布交互信息, 采用并处理联盟企业发布的信息, 并对伙伴企业的协作做出检验和响应。

(3) 协作支撑层 包括分布式数据库、Internet 应用工具及协作环境人机界面工具等组件。它由建立在网络化建模平台上的多个功能模块组成。这些功能模块包括: 建模、仿真优化、辅助、决策模型集

成、模型库和通信, 如图 2 中间部分所示。

建模是核心模块, 它为用户提供了友好的人机建模界面。仿真优化和辅助决策为构建敏捷化的企业模型提供了决策支持。模型集成模块实现了事务过程构件(BP)间的集成, 是来自各实体企业的局部模型到虚拟企业全局模型转变的支持工具, 数据库进行模型的存储、删除和修改等其它管理功能。通信模块为实体企业间的信息交互和协商提供接口。

VE 协作环境的三层间相互配合、相互影响。协作设计层建立的模型为协作信息的管理提供了依据和规则; 协作管理层管理协作过程中发现的问题, 为协作设计层的改进提供依据; 协作支撑层的界面组件, 为其余两层提供了人机交互的界面; 数据库存储交互信息模型和用于共享的数据; Internet 应用工具为共享信息的发布和采集提供异地远程支持。

企业核心 IS 与 VE 协作环境通过信息防火墙为实现互连接, 对二者之间的信息流动起监控作用。由于 IS 与 VE 协作环境在物理实现时分别属于企业内部网和互联网, 信息防火墙对保护企业内部信息的安全起到了关键作用。

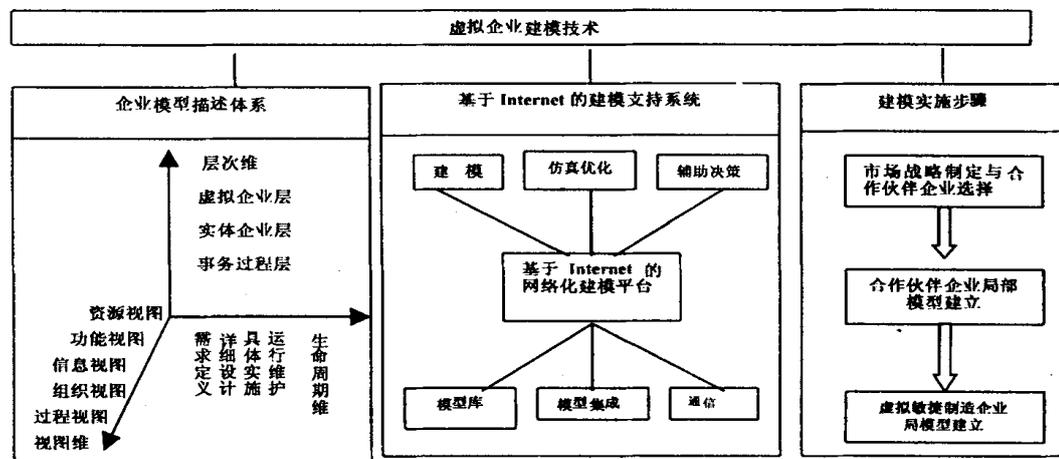


图 2 虚拟企业建模技术的研究构架

Fig. 2 Modeling technique of constitute of VE

3.2 基于 MA 和 BP 构件的虚拟企业建模实现

基于 Internet 的企业资源信息十分庞大, 企业要在浩如烟海的互联网上快速找到从未接触过的联盟伙伴比较困难, 再者, 地域分布的联盟企业之间直接通过 Internet 进行信息交流也不安全, 如何解决这些问题, 我们采取了虚拟企业多智能代理的机制及面向对象方法, 对各联盟企业事务过程等构件进行控制和管理。

3.2.1 VE 多智能代理(MA)的逻辑结构

Agent 是具有知识和能力(包括信息收集、决策

和行动能力), 为实现某种目标而持续运行的实体(包括硬件、软件), 它具有自主性、情感性、适应性、智能性和安全性等属性。根据分布式人工智能, Agent 可以分为协商型(Deliberative Agent, DA)、反应型(Reactive Agent, RA)、混合型(Hybrid Agent, HA)和 BDIA(Belief- Desire- Intention Agent)四种, 每种 Agent 的内部结构及其在系统中的行为模式都有一定的区别。针对联盟企业间协作问题及其支持环境, 该逻辑结构应具有知识库、推理机、工作存储器、通信管理、自学习/自适应、行为评

价、协调决策等模块. 知识库是 Agent 的知识管理系统, 主要存储 Agent 自身能力及其所处环境的知识并对其进行动态维护; 推理机制根据获得的外部信息和具备的领域知识进行问题求解; 工作存储器存放 Agent 求解问题过程中需要和产生一些动态信息; 通信管理是 Agent 与系统中其它成员进行交互的机制和协议; 自学习/自适应对 Agent 的行为进行优化, 使 Agent 具有进化的能力; 行为评价模块是 Agent 的仿真系统, 负责对 Agent 的行为进行仿真, 为自学习/自适应和协调决策模块提供依据; 协调与决策模块对各模块的工作进行协调、做出判断, 然后通过通信界面将决策结果告诉多 Agent 系统, 进而对环境发生作用.

3.2.2 以事务过程(BP)为构件的面向对象建模方法

事务过程是由一系列符合企业实际的企业活动按照行为规则组织而完成的一个相对独立的功能

(工作流程), 是实体企业加入虚拟企业的基本活动单元, 其内部包含了活动、信息、组织、资源要素以及描述其相互关系的行为规则集. 其语义描述如下:

BusinessProcess: < Activity, Information, Organization, Resource, Behavioral Rule Set> 虚拟企业通过集成来自各个实体企业的核心竞争力实现动态联盟, 其表现形式为来自各实体企业的 BP 间的有效集成. 我们借鉴软件工程中“构件”的思想, 并采用面向对象的建模技术, 提出了基于 BP 构件的虚拟企业建模方法. 该方法以 BP 构件为虚拟企业的基本建模单元, 利用其封装性封装实体企业的核心优势, 通过简化的接口进行 BP 间的有效集成, 使 BP 在企业模型建造中成为即插即用的构件模块, 有效支持虚拟企业建模的快速性和时效性. 同时, 利用构件的可重用、可重构和规模可调的特点, 实现虚拟企业的敏捷化特征.

3.2.3 基于 MA 和 BP 的虚拟企业应用构架及建模体系

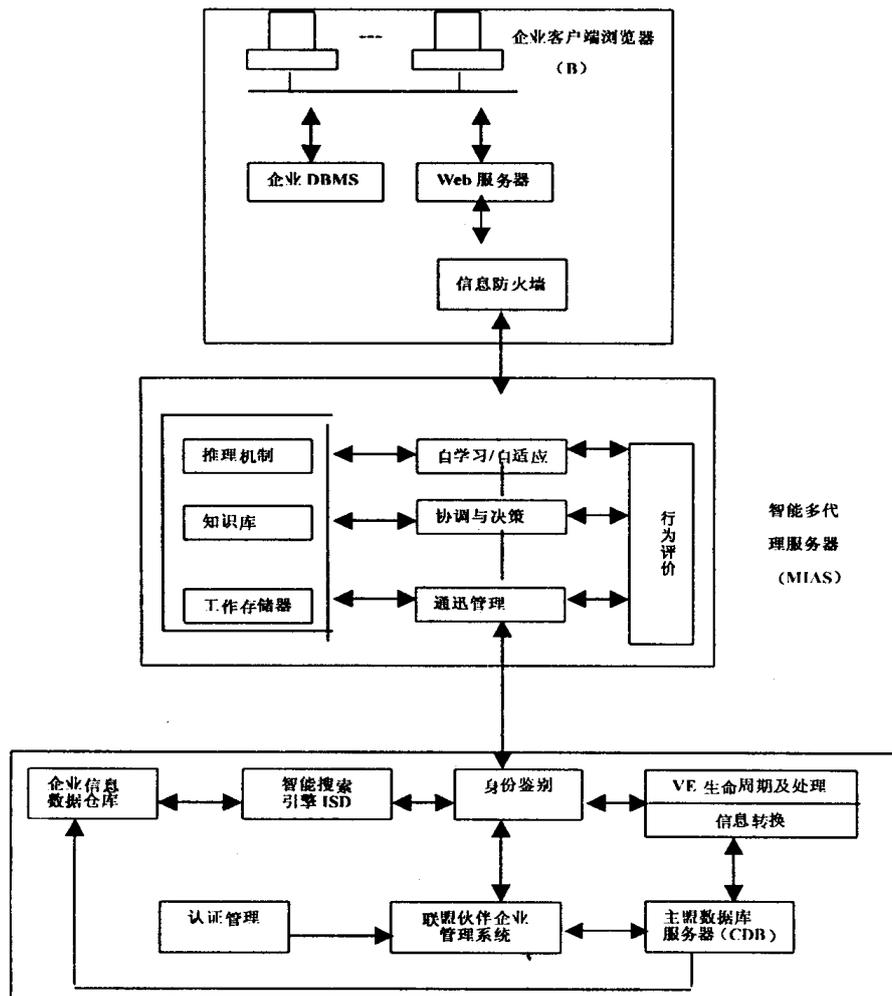


图 3 基于 MA 和 BP 的虚拟企业应用构架

Fig. 3 Application frame of VE based on MA & BP

虚拟企业智能代理采用类似于网络服务商 ISP 的形式, 并提供相应的 Internet 服务. 同时, 为了使企业能够快速找到联盟企业的资源信息, 虚拟企业智能代理要存储广大范围的企业信息, 企业信息量的多少和企业覆盖范围将影响 Agent 的服务质量. 通过智能搜索引擎 (Intelligent Search Engine, ISE), 本系统向查询企业提供其它企业的较为全面的信息, 并能辅助企业进行联盟伙伴的选择决策. 本模型系统的管理方式采用会员制, 吸纳企业以会员资格加入企业联盟, 通过认证管理 (Certification Authority, CA), 对会员企业的身份加以识别. 与 VPN 等技术结合向会员企业提供安全平台, 本模型系统要解决不同企业异构系统之间信息交流的不兼容问题, 提供信息转换平台, 使建立虚拟企业联盟的会员企业之间能够信息共享. 对于虚拟企业的建立、运行和解散的生命周期事务处理过程中需要监督的进程, 本模型系统要采取一定的保障措施, 使得在该模型支持平台上的虚拟企业联盟平稳运行. 本模型系统由智能搜索引擎、安全平台、信息转换平台和 Web 技术共同组成虚拟企业构建的支持平台, 其应用构架如图 3 所示.

3.2.4 虚拟企业建模实现

虚拟企业建模主要分三个阶段进行, 如图 2 右边部分所示.

(1) 制定与合作伙伴企业选择. 此阶段包括市场机遇分析、核心资源、差距分析、市场战略目标确定和合作伙伴企业选择. 首先, 盟主企业必须时刻关注市场的瞬息变化, 抓住机遇, 在分析影响该机遇所需核心资源的基础上评估企业现有能力与实现机遇目标的差距, 从而决策企业的市场战略目标和选择能提供核心优势的合作成员企业.

(2) 实体企业局部模型的建立. 合作伙伴在主盟企业任务分配的原则下, 根据响应快的要求, 利用建模支持系统动态重构重组企业的核心资源, 建立局部模型, 并在仿真优化的支持下, 优化该局部模型, 使其符合主盟企业的要求.

(3) 虚拟企业全局模型的建立. 各合作企业局部模型通过相互间的边界关系 (包括物流、信息流和工作流) 整合成面向产品开发生命周期的虚拟企业的全局模型, 此过程在盟主企业的服务器中由企业间的接口事件自动完成.

4 虚拟企业建模的关键技术 (Key technology of VE Modeling)

虚拟企业组建的核心和基础是信息的集成和管理.

4.1 VE 信息的多级管理

在虚拟企业环境中, 每个分散在网络上的企业信息首先从属于某个企业, 同时多个企业通过各种组合, 为实现不同的商业目标构成不同的企业联盟. 要对虚拟企业的信息进行有效地集成与管理, 首先必须解决虚拟企业组织模型及其多级管理, 它包括了由低到高 3 个层次: 资源管理层、联盟管理层和联盟协作层.

(1) 资源管理层 包括管理企业信息源、多媒体信息及部分遗产应用 (如企业内部进行信息管理的应用) 等, 企业资源被包装成企业信息对象, 这些企业信息对象物理上分散于虚拟企业网中, 逻辑上从属于不同的联盟组织.

(2) 联盟管理层 随着企业合作的深入, 联盟内各盟员希望彼此进一步合作, 实现资源共享, 盟员可能是参加联盟的企业 (称为成员企业), 也可能是已构建好的子联盟, 每个成员企业可以管理多个企业信息对象.

(3) 联盟协作层 对参加虚拟企业的所有企业联盟进行管理. 通常, 在两个联盟面临共同利益时, 需要通过联盟协商交换和共享部分信息.

4.2 信息管理的冲突

信息管理的冲突主要是资源管理层与联盟管理层间的冲突, 这里用 C++ 类定义表示资源层和联盟层对信息的管理.

```
Class resource_management_layer //资源管理层
{
    Private: //允许企业内部使用的信息
    Public: //允许企业外部用户访问的信息
};

Class alliance_management_layer //联盟管理
{
    Private: //允许联盟内成员使用的信息
    Protect: //允许联盟伙伴使用的信息
    Public: //允许所有注册企业访问的信息
};
```

从企业资源的自治性角度考虑, 资源管理层将企业管理的企业信息对象的信息分为私有信息和公有信息 (private 和 public). 私有信息只允许管理企业信息对象的企业内部使用, 而公有信息是企业提供给外界的共享信息. 企业对提供公有信息享有充

分的自治性,表现在:(1)有权控制企业信息对象的对象引用,决定是否将企业信息对象公开给其它用户;(2)有权决定是否将企业信息对象的部分信息输出给参加联盟的部分企业;(3)可为不同的联盟成员提供不同的输出信息。

从联盟对信息管理的角度考虑,联盟内信息被进一步划分为联盟内的私有(Private)信息、保护(Protect)信息和公有(Public)信息。私有信息只允许信息在联盟内共享;保护信息允许信息在联盟伙伴间共享(若几个联盟加入到联盟M中,则联盟内的子联盟彼此间称为联盟伙伴);公共信息通常包括联盟历史介绍、联盟成员简介等企业信息,允许所有注册到集成系统中的联盟或企业成员使用。

当联盟管理层 alliance management Layer 的 Private 或 protect 信息与资源管理层 resource management layer 的 public 信息存在交集时,信息管理将发生冲突。信息管理冲突在虚拟企业中普遍存在,每个信息源从属于不同的企业和联盟,竞争要求信息只能在小范围、部分企业联盟间共享,联盟管理层必须享有对联盟成员充分的管理权限,任何不利于联盟的行为都将被制止。

4.3 模式集成机制

为支持虚拟企业中信息的多级管理,解决信息管理的冲突问题,本文扩充了传统联盟模式定义,支持分散在网络上的各个自治、异构的企业信息间的

信息共享与交换。该体系结构包括松耦合的相互关联的网络结点,每个网络结点代表一个企业的企业信息对象。通过模式定义建立企业信息对象间的信息联系。为增强局部企业信息源的自治性,我们引入仲裁模式来描述虚拟企业特有的多级管理能力,为消解信息管理的冲突提供了有效手段。联盟模式的控制结构如图4所示。

4.3.1 仲裁模式 $MS_{ij}(M)$

虚拟企业中信息源高度自治性的前提是不能超越联盟管理的界限。当 resource management layer. public 信息要输出给联盟外其它用户时,需经过上层联盟组织结点同意。对于某些联盟,有一些重要的信息是不希望被联盟外的用户得到的。因此,为描述这种冲突,使用仲裁模式描述联盟管理层对 resource management layer. public 的管理。输出信息经联盟管理层的限制处理后,成为仲裁后的模式,简称仲裁模式(Mediated Schema)。在联盟M中,企业 C_i 提供给企业 C_j 的仲裁模式可以用关系 $MS_{ij}(N) \leftarrow ES_{ijk}(M), m_k, \text{Condition}(N) \rangle, 1 \leq k \leq n$ 表示。其中, $\text{Condition}(N)$ 代表联盟管理层对输出信息的限制条件,当 $\text{Condition}(N) \cap \text{resource_management_Layer. Public} = \emptyset$ 时,联盟管理层不限制资源管理层的输出信息。

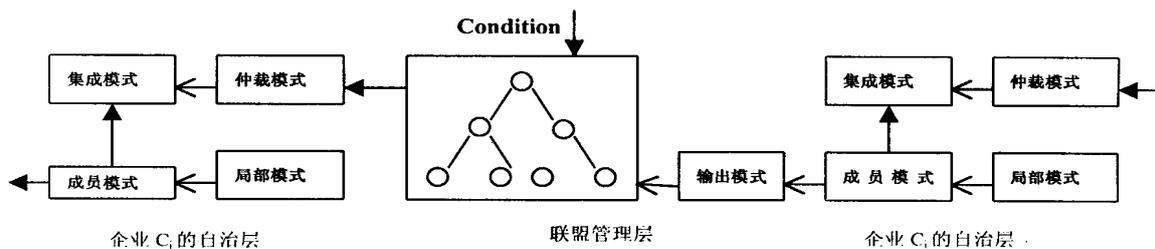


图4 联盟模式逻辑控制结构

Fig. 4 logic control structure of league mode

4.3.2 信息管理的冲突消解

信息管理的冲突问题是虚拟企业多级管理特有的、构造最终仲裁模式的过程,即是消解这种管理冲突的过程。在联盟管理层,提供联盟控制语句为每个联盟组织节点 V_i 定义它的过滤信息 $\text{filter}(V_i)$ 。 $\text{filter}(V_i)$ 只用于定义对输出信息的限制,本身不作为联盟的 Protect 或 Public 信息输出,信息输出的权力仍留给掌管企业信息对象的局部企业。信息管理的冲突消解过程如下:

(1) 联盟管理层接收到企业 C_i 定义的输出模式 $ES_{ijk}(M)$ 和产生 $ES_{ijk}(M)$ 的映射关系 m_k 。 $ES_{ijk}(M)$ 表示从联盟M内 $CS_i(M)$ 导出的,提供给企业 C_i 的第 k 个输出模式, $1 \leq k \leq n$ 。其中 $CS_i(M)$ 表示联盟M内企业 C_i 管理的企业信息对象的成员模式。

(2) 联盟管理层根据信息集成系统提供的命名服务,识别被授权使用该输出模式的企业标识(C_j 的 Enterprise ID), 确定企业 C_j 与提供信息的企业 C_i 在联盟中的关系,如 C_i 、 C_j 所在的最小企业联盟

组织 $N = LUB(C_i, C_j)$, 其中 $LUB(C_i, C_j)$ 表示节点的上确界, 以及确定信息的输出路径 ($v_0 = C_i, v_1, \dots, v_n = N$).

(3) 根据企业 C_j 与企业 C_i 在联盟中的关系, 联盟管理层确定限制条件 $Condition(N)$ 的内容: 当信息输出路径长度等于 1 时, $Condition(N) = \mathcal{Q}$; 当信息输出路径长度大于 1 时, $Condition(N) = \sum_{l=1}^{n-1} filter(V_l)$.

(4) 使用映射关系 m_k 对 $Condition(N)$ 进行预处理. 由于联盟管理层的 $Condition(N)$ 是基于 CS_i 定义的, 而 $ES_{ijk}(M)$ 是利用映射关系 m_k 从 CS_i 导出的, 因此, 要对 $Condition(N)$ 进行映射处理.

(5) 从输出模式 $ES_{ijk}(M)$ 中减去预处理后的 $Condition(N)$, 得到仲裁模式.

5 应用实例 (Application example)

我们在江南一机械制造集团 CIMS 应用项目的实施过程中, 根据企业的实际生产情况, 进行了虚拟企业构建的一些尝试. 由于机械制造计划庞大, 因素众多, 产品开发涉及多个学科领域, 制造过程非常复杂, 需由合作的生产企业、供应商、研究所、产品开发单位作为合作伙伴联合承担. 当市场需求某型产品时, 集团公司就根据所建立的产品开发过程模型, 通过多种合作方式选择合作伙伴, 结成动态联盟, 组建产品开发生命周期过程的虚拟企业. 在构建整个产品开发制造过程模型时, 我们采用了基于智能代理和事务过程的建模方法以分层递解方式逐步细化过程模型, 并根据产品实际开发制造过程中所需要的各种约束关系, 为相应的任务、子任务和活动建立了约束关系集, 以支持成员间的密切合作, 智能代理可根据任务实例的各种约束关系来约束对象, 这样可以加快工作进度, 缩短产品的开发生产周期, 加快对市场需求的响应速度, 赢得市场竞争.

6 结语 (Conclusion)

为了适应全球化经济的市场竞争, 使企业进行顺利转变, 建模技术是一种实用有效的手段. 我们在借鉴他人建模思想和总结工程项目实践经验的基础上, 提出了一种基于智能代理和事务过程的虚拟企业系统构建方案, 分析了该领域的研究构架及关键技术, 介绍了该模型的应用情况. 本文的建模体系和协作信息集成方法, 比较适应于合作过程中以 IPT 形式组织的虚拟企业合作项目. 本文旨在为企业的改造工程和系统集成提供一种可行和有效的技术解决方案.

参 考 文 献 (References)

- 1 Xu Xiao-Fei, Zhan De-chen, et al. Dynamic alliance methodology. Computer Integrated Manufacturing System, 1999, 1(2): 7~12 (in Chinese)
- 2 Kosanek, Vernadet F, Zelm M. CIMOSA: Enterprise engineering and integration[J]. Computers in Industry, 1999, 40: 83~97
- 3 LI Hong, Theodore J Williams. The interconnected chain of enterprise as presented by the purdue enterprise reference architecture[J]. computer in Industry, 2000, 42: 265~274
- 4 杨晓春, 于戈等. 面向虚拟企业信息集成的护联邦模式. 计算机集成制造系统, 2001, 7(3): 18~25
- 5 刘志, 高济等. 支持虚拟企业的过程建模和工作流管理系统. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 13(10): 953~960
- 6 赵骥, 肖田元, 韩向利等. 制造系统虚拟环境模型研究. 计算机集成制造系统, 2001, 7(11): 22~26

作者简介

蒋伟进, 国防科技大学硕士生, 工程师, 公开发表论文 10 余篇. 研究领域为是 DSS、企业集成、信息建模及 OO 技术.

金可音, 副教授, 硕士. 研究领域为计算机网络技术与开发.

沈智慧, 女, 副教授. 研究领域为计算机应用.