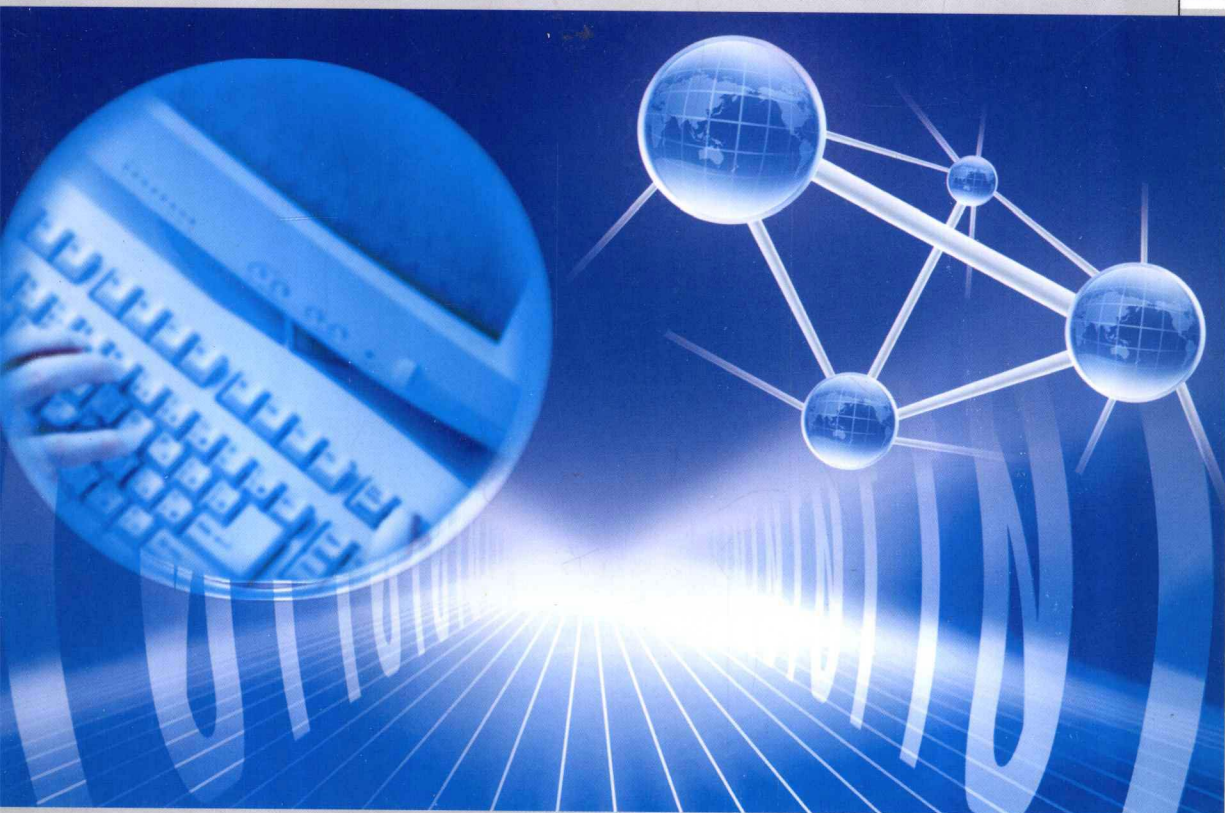


张德干 宁红云 著

虚拟企业联盟构建技术



科学出版社

www.sciencep.com

虚拟企业联盟构建技术

张德干 宁红云 著

科学出版社

北 京

F276.44

Z091

内 容 简 介

虚拟企业联盟构建技术是指面向实时的网络化虚拟企业运作过程,它是建立企业联盟交互协作模型、协同数据管理与事务处理、解决伙伴在线选择与定位协商等问题的一门交叉学科技术。本书涉及的虚拟企业联盟构建技术主要有网络化虚拟企业运作的系统理论框架、分布式虚拟企业联盟协作数据管理策略、虚拟伙伴在线自动选择机制、潜在伙伴挖掘方法、多边伙伴定位协商协议、虚拟企业联盟运作效果评价方法、相关案例等内容。

本书介绍的虚拟企业联盟构建技术可作为研究生、高年级本科生教材,也可供从事信息管理及信息系统、计算机软件与理论、计算机应用技术、智能科学与技术等专业以及相关领域的科研和工程开发技术人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟企业联盟构建技术/张德干,宁红云著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-026367-4

I. ①虚… II. ①张…②宁… III. ①网络企业-企业管理-经济合作-研究
IV. ①F276.44②F273.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 005715 号

责任编辑:刘宝莉 张艳芬/责任校对:朱光光

责任印制:赵 博/封面设计:嘉华永盛

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 华 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 1 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 1 月第一次印刷 印张: 15 3/4

印数: 1—2 500 字数: 304 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

虚拟企业是以计算机网络为支撑的跨地理空间进行信息传递和管理的临时企业组织形式,它已成为 21 世纪企业追求的重要运作模式之一。本书在广泛查阅国内外相关文献的基础上,从分析网络化企业联盟所面临的困难着手,深入研究了面向实时协作的网络化虚拟企业运作的系统理论框架,给出了网络化虚拟企业运作模型,研究涉及企业交互协作建模、协同数据管理与事务处理、伙伴在线选择与定位协商等关键问题。

全书共分十章。第一章综述了虚拟企业联盟构建技术的背景及意义;第二章阐述了虚拟企业联盟构建的相关理论及技术;第三章提出了网络化虚拟企业运作的系统理论框架,引入了动态域的管理模式、动态业务流协作模型以及多智能体角色控制机制;第四章提出了基于三层结构、四级模式的分布式协作数据管理模型;第五章提出了一种基于实时协作关联图的虚拟伙伴在线自动选择模型和基于蚁群优化的潜在伙伴挖掘模型;第六章描述了虚拟企业联盟构建过程中的信息预处理方法;第七章针对传统虚拟企业沟通耗时和协商失败率高等问题,为满足分布式网络环境下快速构建企业联盟的目标要求,基于同步约束的多边伙伴定位协商协议,提出了伙伴定位在线协商模型及其协进化协商决策算法,它通过实时更新智能体信念明显地改进了协商行为的效用,有效提高了伙伴定位在线协商的成功率;第八章阐述了虚拟企业联盟运作效果评价方法;第九章给出了虚拟企业联盟构建案例;第十章对虚拟企业联盟构建技术进行了展望。

本书第二章、第六章、第八章和第九章由张德干撰写,其余各章由宁红云撰写,全书由张德干统稿。本书得到国家 863 计划项目(No:2007AA01Z188)、国家自然科学基金面上项目(No:60773Q73,60604010)、教育部重点项目(No:208010)、天津理工大学计算机与通信工程学院“智能计算及软件新技术”天津市重点实验室和“计算机视觉与系统”省部共建教育部重点实验室等相关基金的资助。

本书由王怀彬教授和郑刚教授审阅。

在此,作者衷心地感谢刘金兰教授悉心的指导和无私的帮助。在本书撰写过程中,多位教授和专家学者提出了建设性意见,本书还得到了韩静等同事以及张小丽、李林青、凌辰、李森、胡素蕊等研究生的支持和协助,在此一并表示衷心的感谢。

书中不妥之处在所难免,真诚欢迎各位专家、读者批评指正。

作 者

2009 年 10 月

目 录

前言

第一章 绪 论	1
1.1 虚拟企业联盟构建技术的背景及意义	1
1.1.1 背景	1
1.1.2 意义	2
1.2 国内外相关研究进展	3
1.2.1 虚拟企业联盟研究现状	3
1.2.2 多智能体技术研究进展	8
1.2.3 协同工作理论研究进展	12
1.3 问题分析及主要内容	14
1.3.1 需要进一步研究的课题	14
1.3.2 本书的主要内容	16
第二章 虚拟企业联盟构建的相关理论及技术	21
2.1 人工智能	21
2.2 智能管理	22
2.3 协同调节	26
2.3.1 协同调节原理	26
2.3.2 协同调节系统结构	27
2.3.3 递阶协同调节	28
2.3.4 分散系统的协同调节	30
2.4 基于实例的推理技术	32
2.5 分散自律技术	35
2.6 企业间物流供应链	38
2.7 小结	39
第三章 虚拟企业联盟运作模式分析与设计	40
3.1 虚拟企业运作模式概述	40
3.2 VEFA 系统的运作机制设计及其特征分析	42
3.2.1 基于动态域的 VEFA 运作机制设计	42

3.2.2	一体化特征分析	44
3.2.3	协同运作特征分析	45
3.2.4	个性化特征分析	46
3.3	VEFA 协作支撑平台及其动态业务流协作模型设计	46
3.3.1	协作智能体的定义与性质分析	46
3.3.2	VEFA 协作支撑平台	50
3.3.3	CBAMAS 的角色控制机制	51
3.3.4	CBAMAS 的协作框架与协作流程描述	53
3.3.5	CBAMAS 的可变结构特性分析	53
3.3.6	可变结构的动态业务流协作模型	55
3.4	网络化虚拟企业运作模型设计	60
3.4.1	VEFA 自治域与协作联盟生命周期	60
3.4.2	VEFA 的形式化定义	61
3.4.3	CBAMAS-VEFA 运作示意图	62
3.4.4	预置系统数据库描述	63
3.4.5	运作模式设计与实现	65
3.5	CBAMAS-VEFA 构建的关键技术	69
3.5.1	VEFA 数据协作访问研究	69
3.5.2	虚拟企业伙伴选择研究	70
3.5.3	VEFA 协商模型研究	70
3.6	小结	71
第四章	VEFA 分布式协作数据管理模型	72
4.1	分布式协作数据管理概述	72
4.2	改进的协作对象及虚拟表机制	73
4.2.1	协作对象及其性质分析	73
4.2.2	协作对象元数据一致性判定	74
4.2.3	协作对象的虚拟表机制	75
4.3	VEFA 分布式协作数据管理体系	77
4.3.1	协作数据管理体系设计	77
4.3.2	DFDM 的形式化定义	78
4.3.3	DFDM 的视图自维护思想	80
4.4	协作数据访问的移动控制策略	80
4.4.1	协作数据访问 CBA 群的工作原理	80

4.4.2	面向 VEFA 域数据访问的协作流程控制	81
4.4.3	转换 CBA 的移动控制策略	83
4.5	基于动态域的事务三阶段处理策略	86
4.5.1	VEFA 域事务处理周期	86
4.5.2	域事务印章与数据项印章	87
4.5.3	域事务三阶段处理法	88
4.5.4	基于动态域的多版本乐观并发控制机制	88
4.5.5	动态并发一致性控制机制	90
4.5.6	基于动态域的事务控制策略的实现	93
4.6	基于动态域的协作查询优化策略	96
4.6.1	分布式域协作查询处理原理	96
4.6.2	域协作查询的析取范式分解法	98
4.6.3	基于代价的域协作查询计划生成算法	100
4.6.4	基于动态域的协作查询计划实现	103
4.7	实验分析与比较	105
4.7.1	VEFA 系统的测试环境	105
4.7.2	基于动态域的事务控制策略分析	106
4.7.3	基于动态域的协作查询优化策略分析	108
4.8	小结	112
第五章	基于 VEFA 日志的虚拟伙伴在线选择模型	114
5.1	虚拟伙伴选择研究概述	114
5.2	可在线维护的企业协作关联图	115
5.2.1	VEFA 日志数据集描述	115
5.2.2	协作位图和企业参与度计算	115
5.2.3	企业协作关联图构建及性质分析	117
5.3	企业协作关联图的定理及证明	118
5.3.1	频繁路径定理及证明	118
5.3.2	非频繁路径剪枝定理及证明	119
5.3.3	增量频繁路径定理及证明	119
5.3.4	增量非频繁路径剪枝定理及证明	120
5.4	虚拟伙伴的在线动态挖掘	121
5.4.1	伙伴在线动态挖掘的工作原理	121
5.4.2	虚拟伙伴在线动态挖掘算法描述	122

5.4.3	算法分析与比较	124
5.5	基于蚁群优化的潜在伙伴挖掘	126
5.5.1	基于蚁群优化的潜在伙伴挖掘概述	126
5.5.2	潜在协作关联图及其企业协作链	126
5.5.3	基于蚁群优化的协作链在线挖掘	127
5.5.4	算法分析与比较	132
5.6	小结	135
第六章	虚拟企业联盟构建过程中的数据预处理方法	137
6.1	概述	137
6.2	数据离散化方法	138
6.3	模糊聚类方法	139
6.3.1	模糊的相关概念	140
6.3.2	模糊关系矩阵的收敛性	140
6.3.3	模糊聚类算法	141
6.4	基于实例推理的方法	142
6.4.1	实例的表示方法	144
6.4.2	实例的索引与检索	146
6.4.3	实例的修正	151
6.5	其他方法	152
6.6	小结	155
第七章	基于 CBAMAS 的伙伴定位在线协商模型	156
7.1	基于 CBAMAS 的伙伴定位协商概述	156
7.2	CBAMAS 伙伴定位在线协商模型设计	156
7.2.1	传统协商理论及性质分析	156
7.2.2	基于目标分解的伙伴定位协商模型	157
7.2.3	基于策略的子目标协商过程	159
7.3	协商协议及其协作流程设计	160
7.3.1	同步约束的多边伙伴定位协商协议	160
7.3.2	基于伙伴定位协商协议的协作流程	162
7.3.3	同步多边伙伴定位协商的优势分析	164
7.4	协进化协商决策算法	165
7.4.1	协进化协商决策原理综述	165
7.4.2	投标者协进化协商决策	166

7.4.3 招标者协进化协商决策	169
7.4.4 伙伴定位协商决策算法描述	172
7.4.5 实验与分析	176
7.5 小结	177
第八章 虚拟企业联盟运作效果评价方法	179
8.1 概述	179
8.2 运作效果的测度模型	180
8.3 面向模型的计算方法	182
8.4 基础方法	183
8.5 评价方法的条件假设	186
8.6 贝叶斯网络方法	188
8.6.1 定义	188
8.6.2 方法间的换算	189
8.6.3 等价性描述	191
8.6.4 临界处理算法	194
8.7 优化方法	196
8.8 动态贝叶斯网络的创建	198
8.9 同类处理方法	200
8.10 小结	202
第九章 虚拟企业联盟构建案例	203
9.1 概述	203
9.2 虚拟企业联盟的智能管理方式	204
9.3 采购联盟	209
9.4 协商调节联盟	212
9.5 库存联盟	216
9.6 运输联盟	218
9.7 评价与结论	219
9.8 小结	224
第十章 虚拟企业联盟构建技术展望	225
10.1 总结	225
10.2 展望	227
参考文献	228

第一章 绪 论

1.1 虚拟企业联盟构建技术的背景及意义

1.1.1 背景

虚拟企业(virtual enterprise, VE)是指两个以上的独立实体为迅速向市场提供产品或服务而在一定时间内结成的动态联盟。1993年2月8日,美国《商业周刊》(*Business Week*)在封面报道中将虚拟企业定义为一种新的组织形式,它可以运用一定的技术手段将来自不同实体的人员、资产、创意等动态地联系在一起。一般情况下,虚拟企业既不具有法人资格,也没有固定的组织层次和内部命令系统,它属于一种开放式的新型组织结构。近年来,随着虚拟企业理论研究的深入,国内外学者逐渐认识到通过国际互联网构建虚拟企业的重要性。利用计算机网络,可以使企业对伙伴的选择以及企业间的合作更加广泛和灵活,经济全球化的迅猛发展也使企业对现代化虚拟组织运作模式的需求越来越迫切。

虚拟企业已经成为21世纪企业追求的重要运作模式之一。目前,尽管虚拟企业的概念已经深入人心,但是虚拟企业的组成与运作并不简单。最为明显的是虚拟企业的研究在实践环节中遇到了最具挑战性的困难。众所周知,虚拟企业不同于一般的跨国公司,它的组织成员之间的合作关系是动态的,它完全突破了以内部组织制度为基础的传统的管理方法。那么,如何发挥国际互联网的优势以构建虚拟企业自由联盟(virtual enterprise free alliance, VEFA)的支撑平台就成为当前虚拟企业实践环节中的重要研究领域。虚拟企业拥有很多优点,但是它所拥有的优势也正是它在网络实施中所面临的困难。总的来说,其典型特征大致表现在以下三个方面:

(1) 虚拟企业的组织结构具有动态性

为了抓住市场机遇,企业可以从众多的组织中通过竞争招标或自由选择等方式精选合作伙伴,迅速形成具有独特优势的临时性联盟,从而实现资源整合和优势互补。所以,当机会来临时,虚拟企业就产生;当机会消失后,虚拟企业就解散。其组织结构的动态性使得虚拟企业对市场具有更大的适应性和敏捷性。

(2) 虚拟企业的建立是以成员之间的合作互利为前提的

虚拟企业共享各成员的资源,它通过整合各成员的优势资源来降低组织在市场上的风险,如时间、费用和资源等。显然,在相同的市场机会下,虚拟企业可以通过

成员间的定向合作以获得单个成员所无法实现的利益,而这种合作也是动态的、灵活的和敏捷的。

(3) 虚拟企业中的成员必须以契约方式增加相互信任

因为合作是虚拟企业存在的基础,所以为促进成员之间在合作中相互信任,契约无论从合作形式上还是从法律上都是必不可少的条件。它使得成员之间拥有责任和义务的依赖关系,否则这些成员之间的合作就无法取得成功并存在随时导致失败的风险。

虚拟企业在实际的经济运行中受企业信息化程度的影响较为严重,尤其是现有的中小规模企业,由于其信息化程度过低,因此目前无法或较少参与到虚拟企业运作中来。如果虚拟企业基于国际互联网进行构建,那么其难点包括虚拟企业的各组成部分如何做实体上的接触、如何进行合作中的协调、如何实现资源整合和信息共享、如何对市场机会做快速的响应等。

因此,本书的理论和实践意义在于,基于互联网的协作智能体(cooperation based agent, CBA)环境下对虚拟企业联盟构建进行研究,该研究对于企业尤其是中小规模企业参与到虚拟企业联盟运作的实施中来具有较强的可操作性。

1.1.2 意义

随着市场竞争的日益加剧和经济全球化的不断发展,虚拟企业正逐渐成为现代企业适应竞争环境的理想模式。虚拟企业是一个与实体企业(企业拥有其经营所需要的全部运行功能)相对的概念。它最早出现在由 Preiss、Goldman 与 Nagel 发表的《21 世纪制造企业研究:一个工业主导的观点》的报告,以及由 Davidow 与 Malone 撰写的名为《虚拟企业》的专著中。虽然历经十几年的发展,但是目前对虚拟企业还没有一个统一的定义。我们认为:由项目引导的一种企业间的组织离散化、管理精简化、运行方式合作化的企业联盟组织为虚拟化企业;每个虚拟企业都有一个生命周期,它随着项目的引入而产生,一旦项目寿命周期结束,则虚拟企业成员自动解散或重新开始新一轮动态组合过程。

首先,本书可以进一步完善虚拟企业网络化运作理论。从传统上看,虚拟企业具有界限模糊、结构扁平、成员动态、合作竞争的特点。传统的企业定格在刚性结构中,它与市场之间的界限是清晰的。虚拟企业跨越了科斯的企业边界理论,使单个企业能够将属于其他企业的大量外部资源纳入自我发展的轨道。在高度现代化的计算机网络中,虚拟企业不是法律意义上完整的经济实体,而是一些具有不同资源和优势的企业为了共同的利益或目标走到一起,组成信息协作联盟。这些企业可能是供应商、顾客,甚至是同业中的竞争对手。虚拟企业在计算机网络中是一个动态实体,其范围和规模可根据需要进行调整。一个成员单位可以同时或先后加入数家虚拟企业,成员加盟或退出手续简单,一般通过协商即可解决。

因此,虚拟企业的网络组织具有动态规模可调能力,可以使企业以最低的柔性成本对外部需求作出最敏捷的组织变化,实现资源的最佳配置。

其次,本书试图构建一个支持企业动态加盟的稳定、通用、可扩充的网络化协作框架。互联网技术的发展和應用不仅带来了技术上的变化,更重要的是作为一种文化带来了企业经营模式的变化。信息技术以及电子商务的飞速发展使企业的协作运营模式不断变革。针对市场全球化的要求,基于互联网和电子商务网络技术构建 VEFA 的服务平台变得日益迫切。利用这一服务平台,可使企业联盟针对某种市场机会进行快速反应,将拥有相关资源的若干独立企业迅速集结起来,以便及时地开发、设计、生产、销售多样化和用户化的产品或服务,从而形成一种网络化的动态的战略联盟。计算机领域多智能体技术的发展,使网络化的虚拟企业问题可被概念化为分布式和自治的智能体(agent)之间相互协作以实现虚拟企业动态目标的解决方案。通过研究面向虚拟企业的多智能体系统(multi-agent system, MAS),可以建立一个分布式、异构、动态的自治系统,在智能体之间实现企业协商、协调与协作,从而构建能够支持企业动态加盟的稳定、通用、可扩充的协作框架。

因此,本书以构建基于互联网的 VEFA 服务平台为目标,主要针对协作智能体环境下的虚拟企业联盟构建问题做了深入而细致的研究。所构建的服务平台,可以使虚拟企业通过国际互联网,在不断变化的市场环境中,随着市场机会的出现而建立,随着市场机会的消亡而解散。它更加适合信息时代客户需求变化的多样性,也增加了企业随着市场条件而变化的柔性及敏捷性,使企业内外的信息传递更为方便、直接。目前对虚拟企业的研究主要集中在虚拟企业的组织结构模型、合作伙伴选择及任务的分解与分配等方面,并且大都是从管理学的角度来考察的。而从计算机技术层面对基于网络的虚拟企业联盟操作模型,特别是成员企业的分布式计算和协调运作控制等方面的研究则相对不足。另外,由于虚拟企业成员来自于不同的机构,拥有不同的组织结构和管理特点,再加上地域的分散性,使得基于网络的虚拟企业成员间的协作变得相当复杂。本书针对上述问题进行了研究,通过研究 VEFA 的生命周期、网络运作及其资源管理与共享模式,以及虚拟企业成员之间的相互协商和选择模式等问题,系统地描述了协作智能体环境下的 VEFA 构建技术,提出了基于自治域的虚拟企业分布式管理与协作的系统理论框架与模型。

1.2 国内外相关研究进展

1.2.1 虚拟企业联盟研究现状

基于动态联盟的虚拟企业是一种由多个独立的企业为了抓住和利用市场机

遇,以合同为纽带、以项目为基础,通过信息技术联系起来的临时网络结构型组织。利用网络优势,可以在全球范围内整合多个企业的资源和技术,以适应瞬息万变的市場。以互联网为基础来组建虚拟企业已经成为企业组织形态发展的方向,并被预言于 21 世纪企业进行生产经营和市场竞争的主要模式。自 1991 年虚拟企业概念提出以来,对虚拟企业理论的研究已成为国内外管理学界研究的热点问题。虽然目前还没有明确的关于虚拟企业的定义,但许多研究者从不同的角度给出了各自认为的虚拟企业的定义。比较典型的定义有以下几种:Goldman 等认为,虚拟企业是一个由机遇推动,并由机遇来定义的各种核心能力的统一体,这些核心能力分散于许多实际组织之中,虚拟企业必须以顾客为中心,以机遇为基础;Dove 认为,虚拟企业是由一系列没有共享统一经营控制范围的企业组成的一个运作商业实体,他们为了追求一个共同的机遇而迅速组织起来,当机遇结束时就迅速解散;Jehuen 认为,虚拟企业是无固定工作地点,使用电子通信方式进行成员间联系的企业;Antonio 等认为,虚拟企业是供应链的一个子系统,在运作过程中该子系统为了共同目标而行动一致,好像一个企业;我国学者陈剑等认为,虚拟企业是以信息、通信技术为主要技术手段,主要针对企业核心能力资源的一种外部整合,其目的在于迎合快速变化的市场机遇。由此可见,随着信息技术的发展,研究者们越来越认识到信息技术对于虚拟企业发展的影响。目前对于虚拟企业的定义普遍达成部分共识,即认为虚拟企业是以计算机网络为支撑而迅速建立起来的跨地理空间进行信息传递和管理的企业组织形式。其最新的特征表现为:

① 虚拟企业运作的技术基础是计算机网络。市场经济发展的新形势要求虚拟企业必须与网络技术相结合。可以认为,没有网络技术就不会有虚拟企业的真正发展。

② 组织机构无形化。虽然有生产、设计、经营、财务等功能,但是企业内部却不存在执行这些功能的组织,而是完全由企业联盟采用合同契约形式实现经营管理。

③ 联盟成员的分散性。虚拟企业的主体完全建立在离散的独立企业群基础之上,位于世界各地的成员虽然不在一个办公楼工作,但为了一个共同的目标,他们却能通过各自独立完成自己的任务而实现联盟目标。

④ 存在时间的短期性。联盟组织的成立与解体表现出极大的灵活性。为了抓住一个市场机会,各企业间可以迅速联合,集中各自优势,快速捕捉市场机会,一旦目的达到,虚拟企业也就随之解散。

目前,虚拟企业理论及其实践的研究已经被列入世界各国的重点研究计划。如美国的国家工业信息基础结构协议(NIIIP)、制造系统网络的敏捷基础结构(AIMSNet)、虚拟企业方阵(MAVE)、商业网(CommerceNet),欧洲共同体和拉丁美洲的扩展企业的生产计划和管理(PRODNET II)、虚拟企业的多级代理敏捷制造调度系统(MASSYVE)、半导体虚拟企业规划和控制系统(X-CITTIC)、应用组

件工具和分布式体系结构的虚拟企业(VEGA)、中小型企业网络规划(PLENT)等,俄国和美国合作的俄-美虚拟企业网(RAVEN)等研究项目或计划都在进行虚拟企业的有关研究。我国从20世纪90年代末期才开始重视虚拟企业的研究,比较有影响的研究机构是长城企业战略研究所。此外,国家863/CIMS研究项目、国家自然科学基金委研究项目和教育部博士点基金研究项目等也相继支持了一批关于虚拟企业的研究项目并取得了部分理论成果。

国外研究虚拟企业理论的专门组织目前主要有两个:美国的敏捷性论坛(Agility Forums)和英国的欧洲敏捷性论坛(Europe Agility Forum)。两者相比,前者研究较早,研究实力更强。美国的敏捷性论坛由“21世纪制造企业研究”项目组于1994年演变而成,主要从事敏捷虚拟企业理论研究、传播以及虚拟化商务实践的战略咨询。英国的欧洲敏捷性论坛是由英国的战略咨询家Kidd于1995年在柴郡成立的研究敏捷企业的虚拟组织,主要追踪研究此领域的国际动向,为产业界的敏捷化工程提供思想、方法和工具。虚拟企业理论研究的代表是“21世纪制造企业研究”报告的负责人Preiss、Goldman和Nagel,他们是虚拟企业、敏捷制造与虚拟企业理论的创始人,同时也是美国的敏捷性论坛组织的高级研究人员。三人合作代表性专著有1994年的《敏捷竞争者与虚拟企业:使顾客满意的战略》和1997年的《以合作求竞争》等。其主要成果有:首创敏捷制造与虚拟企业概念;提出虚拟企业追求速度效应是以合作求竞争方式;提出虚拟企业敏捷竞争维度模型等。另外两位代表人物是虚拟企业敏捷性思想的奠基人,即美国战略咨询家Dove和英国战略咨询家Kidd。其主要成果有:参与提出了敏捷虚拟企业概念框架;提出了敏捷性评价的TCRS评价体系;提出了虚拟企业设计的可重构(reconfigurable)、可重用(reusable)、可扩充(scalable)的RRS原则等。Kidd是欧洲敏捷性论坛的创始人,是虚拟企业、敏捷制造和下一代企业理论方面的领域专家,代表性专著是《敏捷制造:锻造新边界》。其主要成果有:发展了敏捷性理论;在Dove敏捷性TCRS评价体系的基础上将变化的频率(frequency)纳入评价体系;较早和较为系统地构建出虚拟企业制造理论体系等。

尤其是2000年以后,国内外研究学者在虚拟企业的建模技术、虚拟企业信息系统的研究、虚拟企业合作伙伴的选择等方面取得了较大的研究进展。特别是近几年,随着多智能体和移动智能体技术的研究日渐成熟,研究学者越来越多地认识到结合多智能体技术和互联网技术实现虚拟企业的可行性。

(1) 虚拟企业的建模技术

虚拟企业建模是以形式化或信息化的形式对敏捷化虚拟企业进行抽象描述,是分析、仿真与优化敏捷虚拟功能、过程、活动和行为的基础,也是构建虚拟企业信息系统的前提。目前的研究大致可分为两类:一类是基于虚拟企业生命周期的过程模型;另一类是基于虚拟企业系统要素的集成方法与技术。

在基于虚拟企业生命周期的过程模型方面,我国学者冯蔚东等最早采用 IDEF0 方法建立了包括四个阶段的虚拟企业组织设计过程模型,从风险管理的角度利用 IDEF3 方法说明了该过程的时序性。另外,为了克服单独 IDEFx 方法的不足,刘永和、尚文利等在其基础上引入形式化工业软件工程方法和标准建模语言(UML)的系统建模方法来描述虚拟企业组建与运作过程。Kim、Ni 和勾红梅等在描述面向对象的虚拟企业经营过程基础上,采用集成 UML 和 Petri 网,即 UML-PNs 方法来对虚拟企业经营过程进行建模,提出了一种支持虚拟企业建模的体系结构。张大勇和杨青等利用面向对象的分析方法扩展 UML 给出了资源分类和资源组织等企业资源模型内容的图形表示方法,并提出了一种 UML-XML 集成的敏捷虚拟企业资源建模方法和虚拟企业建模的 Meta-Model 模型。这些研究从虚拟企业管理过程和集成标准建模方面较好地描述了虚拟企业生命周期中不同阶段之间的关系。

在基于虚拟企业系统要素的集成方法与技术方面,研究成果主要体现在虚拟企业的组织要素研究、元管理结构研究和原型系统集成研究上。典型的研究有:Challneta 等在 ARDIN 的基础上,通过改进与扩展其方法论、实践最佳参考模型以及技术基础设施,使之能够适用于虚拟企业的集成模型;Banaszak 等提出利用甘特图来建立虚拟企业中的生产流程,给出了相应的计算机辅助原型系统,并描述了虚拟企业组成伙伴在结构参数之间的关系;Walters 识别和比较了传统组织和新兴虚拟组织的特点,提出通过设立专门的管理职能部门来识别和评估虚拟组织的结构;Khalil 提出元管理的概念,将虚拟组织的管理称作元管理,并给出了元管理的分析、追踪和定位需求的活动准则及其分析框架。

但是,虚拟企业的建模技术目前主要采用现有的元管理要素和面向对象分析方法并且围绕敏捷制造系统建模进行研究,其中包括辅助特定的生产流和供应链系统。虽然对虚拟企业生命周期的不同阶段进行了形式化定义,但仍然没有对虚拟企业运作过程中涉及的各部分功能、过程、活动和行为进行全面的、系统的描述,离实际应用还存在一定的差距。

(2) 虚拟企业信息系统的研究

虚拟企业可以被看做是信息时代的产物,虚拟企业信息系统是虚拟企业正常运作的前提和基础。随着分布式计算技术、网络通信技术等的迅速发展,国内外这方面的研究工作也取得了可喜成果。目前其研究一般从两个方面进行:一是基于网络化协调运作的虚拟企业框架体系的研究;二是近年来逐渐兴起的基于智能体技术的虚拟企业参考体系结构的研究。

在基于网络化协调运作的虚拟企业框架体系的研究方面,学者们主要从虚拟企业组织的网络化设计和信息建模的角度进行研究。典型的有:Mejía、Chen 和 Mezgar 等针对中小规模企业的虚拟企业协作形式提出了网络化协调运作框架、虚

拟企业组织设计方法和集成结构;Katzy、Molina、Chen 和 Bernus 等针对企业网络集成的方法和标准,提出了动态创建和集成虚拟企业的思想,给出了设计和应用虚拟企业的概念模型;Sun 和 Li 等针对基于互联网资源服务的虚拟企业建模问题,提出了资源导航的虚拟企业模型化方法和基于 Web 服务的虚拟企业动态信息集成模型;Vanderhaeghen 等根据 workflow 管理系统适合于分布式环境且能够实现工作任务进程间协调及协作式处理的特性,提出了基于工作流的虚拟企业信息管理系统模型。另外,关于虚拟企业中利润分配机制、信任机制和风险管理等也是近年来重要的研究领域。Feng 和 Chen 等针对虚拟企业系统的可靠性分析与网络访问控制问题做了研究。

在基于智能体技术的虚拟企业参考体系结构的研究方面,研究者通过引入面向对象的分析方法与多智能体技术,开发出具有部分可视化的虚拟企业实验原型,从而为虚拟企业的构建与运作提供了有价值的指南。典型的成果有:Choi、Petersen 和 Choy 等在分析了应用智能体实现虚拟企业的可行性与有效性的基础上,构建了一种基于多智能体结构的虚拟企业参考体系模型;Gijsen 等引入面向智能体对象关系的语言和建模方法,详细分析了虚拟企业的结构、交互作用和行为,并以此为基础建立了与虚拟企业相对应的多智能体总体模型;陶丹等提出利用智能体技术构建支持虚拟企业的信息管理模型,并设计了一个简单的联盟企业系统;许青松等提出采用具有多智能体结构的敏捷制造信息系统(AMIS)单元,通过不同的智能体系统相互连接,从而实现参与多个联盟的构想,这种结构既能完成单个联盟的生产任务,又能对单元内所有联盟任务进行综合管理。

就研究结果来看,目前还没有形成一个成熟统一的关于虚拟企业信息系统的研制标准,虚拟企业 workflow 及其网络化设计工程还需要进一步研究和实施技术整合。在基于智能体技术的虚拟企业动态 workflow 的研究方面,目前因过于追求通用的模型而使系统的研制过于复杂,由于不确定性因素增多致使开发过程中的难度增加。

(3) 虚拟企业合作伙伴的选择

选择正确的合作伙伴是组建虚拟企业的关键因素之一。虚拟企业作为一种临时性的网络化联盟,当企业发现市场形势变化时,需要迅速寻找可能的合作伙伴以整合外部资源来共同完成特定的任务。针对这一问题,国内外研究者做了大量的研究工作,提出了相应的方法和技术。其中采用启发式算法进行伙伴选择是研究的重要方法之一:如 Yao 和 Wang 等提出基于粒子群的混合选择算法;冯蔚东等提出基于遗传算法的虚拟企业伙伴选择过程及优化模型;Ip 等还建立了基于子项目失败概率和误工的数学模型的 R-GA 算法。采用基于多目标组合优化模型解决伙伴选择问题也是研究的重要方法:如叶永玲等认为虚拟企业合作伙伴选择实际上是一个多目标组合优化问题,因而以运行成本、反应时间与运行风险最

小化为目标建立数学模型,并运用遗传算法对模型进行求解;Ko 等依据分布式制造真实环境下可能存在的几种运作特征,建立了一个基于生产操作成本和运输成本最小化的数学规划模型来确定合作伙伴的最优选择和次优选择问题;Sarkis 和 Chu 从管理学角度提出了一种关于伙伴选择的战略模型。还有一些研究者认为虚拟企业合作伙伴选择是一个多属性决策过程,可以针对评价指标的多层次性,采用模糊数学和层次分析法(AHP)来选择合作伙伴。总体来说,目前对于虚拟企业合作伙伴选择的研究,主要集中在基于完全信息假设条件下关于评价体系和评价模型的一些方法上,而在合作伙伴选择过程中的信息挖掘与在线协商问题上则较少研究。

综上所述,虚拟企业理论研究自 1991 年问世以来,受到了国内外、特别是以美国为首的西方发达国家的重视。Preiss、Goldman、Nagel 和 Dove 等作为此领域的先驱,初步构建了虚拟企业的理论体系框架。由于虚拟企业是一种全新的企业组织模式,与信息技术紧密结合,因此客观上要求其管理学研究范式和企业信息管理学研究范式的转型。目前,国内外关于虚拟企业特别是关于其本质、运行、演化与管理等方面的理论研究才刚刚起步,一些基本概念、内涵界定至今尚未得到公认,这给深入研究虚拟企业的本质与管理带来了极大的障碍。虚拟企业研究还存在着许多不足,有待于进一步完善,其实践研究也已成为一项世界范围内的前沿课题。目前的研究主要集中在两个层面:第一层面侧重从虚拟企业组织、结构、运营与管理的角度研究虚拟企业在现实经济社会中的规律与理论以指导实践环节;第二层面则侧重从技术的角度研究网络化虚拟企业框架模型设计、敏捷制造和敏捷供应链等实现方法和关键技术。但总体来讲,人们对虚拟企业理论与应用的研究在进程、广度、深度方面还存在很大的差距。

1.2.2 多智能体技术研究进展

与虚拟企业的发展历程相同,多智能体技术也是产生于 20 世纪 90 年代以后的新兴学科。它源自人工智能(AI)和网络的发展,其理论基础是传统的人工智能、分布式控制和分布式计算。尽管关于智能体的定义目前尚没有统一的标准,但是,一般而言,多智能体技术可以用来表示一种先进的结构体系。它是继面向对象方法之后出现的又一种进行系统分析与设计的强有力的思想方法与工具。国际上关于多智能体理论的研究主要针对多智能体系统的体系结构、智能体协商与协作、基于多智能体的应用系统设计等。

智能体,又称为智能代理,其概念最早由美国的 Minsky 教授在《智能社会》一书中提出。它被用来描述一个具有自适应和自治能力的实体,其目标是认识与模拟人类的智能行为。目前,普遍认为智能体是一类在特定环境下,能感知环境并能灵活自主地运行以实现一系列设计目标的、自主的计算实体或程序。1987 年,