

虚拟企业系统的 理论与技术

黄必清
等编著

企业信息化系列教材



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

企业信息化系列教材

虚拟企业系统的理论与技术

黄必清 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了虚拟企业系统的基本理论与技术,包括基本概念、建模方法、虚拟企业创建、虚拟企业动态运作等内容。对当前国际上著名的虚拟企业研究计划进行了分析和研究,并重点介绍了清华大学在虚拟企业方面的最新研究成果。

本书可供从事 CIMS、工业工程、管理工程的研究和开发人员参考,也可以作为相关专业大专院校师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟企业系统的理论与技术/黄必清等编著. —北京:机械工业出版社, 2004.1

(企业信息化系列教材)

ISBN 7-111-13231-9

I. 虚... II. 黄... III. 网络企业—企业管理—管理信息系统—教材
IV. F276.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 094100 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王 颖

责任印制:路 琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版,第 1 次印刷..

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ • 16.5 印张 • 404 千字

0001—3000 册

定价:27.00 元

凡购本图书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

在敏捷制造环境下, 单一的市场竞争形式正发生变化, 取而代之的是全球化的合作竞争趋势。顾客需求的个性化和多样化使得越来越多的企业无法快速、独立地抓住稍纵即逝的市场机遇。虚拟组织在敏捷制造环境下的表现形式——虚拟企业 (Virtual Enterprises, VE) 的概念由此产生。

虚拟企业是当今发达国家和先进企业竞相研发的 21 世纪企业运行模式。比较典型的研究计划有: 北美的 NIIP, 欧共体的 VEGA、X-CITTIC、PLENT、MARVELOUS 和 PRODNET II 等计划。

NIIP (National Industrial Information Infrastructure Protocols) 计划由美国政府和企业界共同发起, 始于 1994 年, 耗资 6 千万美元, 共有 18 个政府机构、研究单位和企业参加, 可以认为它是当今 VE 领域最重要的研究计划。NIIP 计划将提供一整套适用于 VE 生命周期的规范和不同企业环境的信息技术支持。NIIP 致力于研究 VE 的整个生命周期: 标识市场需求, 寻找合作伙伴, 协助伙伴企业间的谈判, VE 的创建、运作和解体。NIIP 对 VE 的理解是: 一组企业的临时组织或联盟, 其目的是通过联合的成本与技术开拓快速变化的机遇。

欧共体在半导体行业的虚拟企业研究计划 X-CITTIC (Planning and Control System for Semiconductor Virtual Enterprises) 研究面对全球分布式的定单管理、事件驱动的车间规划和调度, 属于 VE 的动态运作问题。VEGA (Virtual Enterprise using Groupware tools and distributed Architecture) 计划旨在建立支持 VE 运行的信息基础结构。它涉及若干个 ESPRIT 计划的集成, 包括 OMG、群件、CORBA、STEP 等技术在 VE 中的应用问题。PLENT 计划着重开发支持 SME-VE 的协同生产规划系统, 该计划的重要议题是研究协同生产的规划策略, 体现为完备的、合理的和严格可用的规则。其目的是消除传统竞争意义下的企业间的不信任问题。ESPRIT 计划 PRODNET II 致力于设计支持 VE 的参考体系结构, 并开发相应的开放系统平台, 它把研究重点放在由中小企业 (SME) 组成的 VE。与 VE 的研究紧密相关且颇具交叉的是有关电子商务和供应链的研究。INCO SCM+ 计划是关于供应链方面的欧共体和南美联合研究计划。

虚拟企业作为未来的企业组织形式, 已经引起各国政府、研究机构、企业界的广泛重视。从上面提到的几个著名的虚拟企业研发计划看, 工作虽各有侧重, 但可总结为: 虚拟企业信息基础结构、虚拟企业模型、虚拟企业创建、虚拟企业运作及相关的理论和技术支持等方面。现阶段, 支撑 VE 的信息基础结构的研究已取得了很大的成功 (特别是 NIIP 计划), 西方国家在食品加工、建筑业、森林加工业中尝试用虚拟企业方法集成和管理联盟间的合作行为, 取得了值得推广的经验, 但离实用还有很大的差距。

一方面, 虚拟企业的研究将为 21 世纪的敏捷企业模式的建立起着至关重要的作用; 另一方面, 我国已有一批高新技术企业和新兴企业采用了先进的敏捷企业管理模式, 对虚拟企业产生了需求。如华为公司就是采用哑铃型的经营模式, 即紧抓新产品开发和市场开拓这两头, 组织多家协作厂商为其产品进行生产, 以“两头在内, 中间在外”的方式组织企业经营与生产, 获得了巨大成功。这些企业的虚拟企业运作方式还很落后, 基本上是手工管理模式,

他们的进一步发展必须有相关理论和技术的支持。

在国家自然科学基金(69784006)和863/CIMS应用基础研究(863-511-9841-006)项目的支持下,清华大学国家CIMS工程技术研究中心从1998年开始进行了有关虚拟企业的研究和开发工作,取得了一些初步的成果。作者希望通过本书与广大科技人员和读者交流,从而推动我国在企业集成特别是在虚拟企业方面的研究和实施。

本书较全面地覆盖了虚拟企业的全生命周期所涉及的基本理论和相关技术,其中,第1章为虚拟企业及其背景介绍;第2~4章为虚拟企业建模研究;第5~10章为虚拟企业创建研究;第11~15章为虚拟企业运作研究。全书重点介绍了清华大学项目组的最新研究成果。

参加本书编写的人员有:黄必清、勾红梅、李瑜、刘永和、杨瑞尧、尹长宇。在项目进行过程中得到了清华大学刘文煌教授、任守渠教授的热情指导,在此表示诚挚的谢意。特别感谢陈禹六教授,他在企业建模方面的指导使作者受益匪浅。

随着市场的全球化,我国已经加入世贸组织,希望本书能为我国加入世界范围内的虚拟企业协作网络作出微薄的贡献。

作者

目 录

前言

第 1 章 虚拟企业的基本概念	1
1.1 研究背景	1
1.2 虚拟企业的定义和基本特征	2
1.3 虚拟企业的生命周期	3
1.4 虚拟企业的分类	4
1.5 虚拟企业的重要研究计划	5
1.5.1 NIIP 计划	5
1.5.2 欧共体的 ESPRIT 虚拟企业研究计划	7
1.6 VE 的研究方法	8
1.6.1 面向内部结构的研究	8
1.6.2 面向协调机制的研究	9
1.6.3 面向组织间结构的研究	9
1.6.4 面向信息资源的研究	10
1.7 虚拟企业研究的关键技术与体系结构	10
参考文献	11
第 2 章 虚拟企业建模与集成方法	14
2.1 模型介绍	14
2.1.1 CIMOSA	14
2.1.2 PERA	16
2.1.3 GRAI/GIM	16
2.1.4 GERAM	17
2.2 集成模型在虚拟企业研究中的重要地位	19
2.3 标准建模语言 (UML)	21
2.3.1 UML 的产生背景	21
2.3.2 UML 的特点	21
2.3.3 UML 的内容	22
2.3.4 UML 建模过程中各种图形的灵活使用	23
2.3.5 UML 的应用领域	24
参考文献	25
第 3 章 虚拟企业各视图的 UML 建模	26
3.1 功能视图	26
3.1.1 需求分析阶段	27
3.1.2 设计说明阶段	28
3.1.3 实施描述阶段	30

3.2	信息视图	31
3.3	资源视图	32
3.4	组织视图	33
3.5	各视图的集成关系	34
3.6	UML 建模的集成支持环境	35
	参考文献	36
第 4 章	产品模型和生产经营过程模型	38
4.1	建立企业产品模型	38
4.1.1	产品模型的设计方案概述	38
4.1.2	产品模型设计的相关要素	39
4.1.3	数据库结构设计	40
4.1.4	程序结构设计	44
4.1.5	界面设计	45
4.2	建立企业生产经营过程模型	48
4.2.1	生产经营过程模型的设计方案概述	48
4.2.2	数据库结构设计	50
4.2.3	程序结构设计	52
4.2.4	程序的具体实现	53
4.2.5	界面设计	56
4.2.6	产品模型和生产经营过程模型程序小结	58
	参考文献	59
第 5 章	虚拟企业创建及相关技术	60
5.1	虚拟企业创建过程及其关键问题	60
5.1.1	创建虚拟企业的要求	60
5.1.2	创建虚拟企业的过程	60
5.1.3	虚拟企业创建中的核心问题	62
5.1.4	虚拟企业伙伴选择问题的研究意义	62
5.2	相关理论与技术基础	63
5.2.1	本体论与谓词逻辑	63
5.2.2	多 Agent 系统	64
5.2.3	决策支持系统	64
5.2.4	约束满足问题	65
5.3	虚拟企业创建内容组织	65
	参考文献	66
第 6 章	基于多 Agent 的虚拟企业伙伴选择决策系统体系结构	67
6.1	虚拟企业伙伴选择的概念模型	67
6.2	多 Agent 系统概述	68
6.2.1	Agent 的认知模型与体系结构	68
6.2.2	多 Agent 系统模型	69

6.2.3 多 Agent 之间的协同	70
6.3 基于多 Agent 的虚拟企业系统体系结构	70
6.4 虚拟企业节点 Agent 的层次化结构——信息组织、通信与交互	72
6.4.1 节点 Agent 体系结构设计需求	72
6.4.2 节点 Agent 的分层体系结构	73
6.4.3 虚拟企业节点 Agent 的功能模型	77
6.4.4 虚拟企业节点 Agent 系统的开发方法	78
6.5 Agent 谈判协议与谈判模型	79
6.5.1 Agent 谈判协议	79
6.5.2 约束冲突消解策略	81
6.5.3 Agent 谈判模型	82
参考文献	84
第 7 章 虚拟企业伙伴选择问题领域的目标本体论	88
7.1 虚拟企业伙伴选择问题领域中的建模问题	88
7.1.1 企业建模的目的	88
7.1.2 虚拟企业伙伴选择问题领域的建模任务与要求	88
7.2 本体论概述	89
7.2.1 本体的定义与分类	89
7.2.2 本体的作用	90
7.2.3 本体的构造	90
7.2.4 本体的表示语言和开发工具	91
7.2.5 本体的研究与应用现状	92
7.3 目标建模的现存问题和基于本体的目标建模方法	94
7.4 虚拟企业伙伴选择问题领域的目标本体论	95
7.4.1 虚拟企业的目标分解原则	95
7.4.2 目标本体的能力问题	96
7.4.3 目标本体的概念、属性和约束	96
7.4.4 目标树的规范化	99
7.4.5 目标分解的正确性	101
7.4.6 目标约束的可变性	101
7.4.7 目标包含关系和目标冗余性	103
7.4.8 目标本体论的一致性和完备性问题	104
7.4.9 目标的修改及其影响	104
7.5 使用归结推理方法进行基于本体的知识推理和逻辑计算	105
参考文献	106
第 8 章 虚拟企业伙伴选择问题领域的的能力本体论	109
8.1 关于企业能力的现有研究和存在的问题	109
8.1.1 企业能力的定义、分类与作用	109
8.1.2 企业能力的建模要求和建模方法	110

8.2 企业能力本体论	111
8.2.1 企业能力本体的能力问题	111
8.2.2 企业能力本体的概念、属性和约束	111
8.2.3 产品能力本体	111
8.2.4 活动能力本体	114
8.2.5 资源能力本体	116
8.3 企业能力信息的管理与发布	119
8.3.1 企业能力的内模型	119
8.3.2 企业能力的外模型	119
8.3.3 企业能力管理与发布系统结构	120
参考文献	120
第9章 基于本体和约束满足的招标、投标决策支持系统	122
9.1 现有的招标、投标决策支持方法和存在的问题	122
9.2 招标方伙伴选择决策支持系统主要功能	123
9.2.1 建立目标树和选择招标目标集阶段的决策支持	123
9.2.2 选择伙伴企业阶段的决策支持	124
9.3 招标方伙伴选择的分布式约束满足问题	125
9.3.1 约束满足问题概述	125
9.3.2 伙伴选择的分布式约束满足问题的数学形式	128
9.4 投标方能力评价决策支持系统主要功能	130
9.5 基于多 Agent 谈判的企业调度问题求解方法	131
9.5.1 调度系统的整体框架	131
9.5.2 基于市场机制的 Agent 谈判过程	133
9.5.3 并行调度与调度冲突消解机制	134
9.6 活动 Agent 的资源选择约束满足问题数学形式	134
9.7 约束满足问题建模与求解系统	135
参考文献	137
第10章 虚拟企业伙伴选择原型系统	141
10.1 原型系统的目的和任务	141
10.2 对等的虚拟企业网络	142
10.2.1 对等网络概述	142
10.2.2 虚拟企业网络基础体系结构的需求	143
10.2.3 虚拟企业网络的特点和关键技术	143
10.2.4 建立对等的虚拟企业网络	145
10.3 目标和能力本体的建立和常识问题的求解	146
10.3.1 在 Ontolingua 系统中建立目标与能力本体论	146
10.3.2 基于本体的建模和常识问题求解	148
10.4 虚拟企业伙伴选择 MAS 的实现	151
10.4.1 系统实现技术和工具	151

10.4.2	系统的设计与开发	151
10.4.3	系统实现的结果	160
	参考文献	163
第 11 章	面向经营过程的虚拟企业运作研究体系	164
11.1	虚拟企业的分布式经营过程	164
11.1.1	经营过程及其相关概念	164
11.1.2	虚拟企业的经营过程及其相关概念	164
11.1.3	虚拟企业分布式经营过程的特点	164
11.2	面向经营过程的虚拟企业运作研究体系	165
11.2.1	以经营过程为视角	165
11.2.2	面向经营过程的虚拟企业运作研究体系	165
11.3	虚拟企业分布式经营过程的建模和分析	167
11.3.1	虚拟企业分布式经营过程的建模和分析需求	167
11.3.2	相关研究	168
11.3.3	虚拟企业分布式经营过程建模和分析的总体思路	168
11.4	基于 Agent 的虚拟企业建模和分布式经营过程管理	170
11.4.1	虚拟企业分布式经营过程管理的研究需求	170
11.4.2	理论基础——对分布式人工智能的综述和理解	171
11.4.3	基于 Agent 的虚拟企业建模和分布式经营过程管理——动机和总体思路	175
	参考文献	177
第 12 章	虚拟企业分布式经营过程的全局描述和分析	181
12.1	Petri 网	181
12.1.1	基础 Petri 网	181
12.1.2	几种高级 Petri 网	184
12.1.3	工作流网	184
12.2	虚拟企业分布式经营过程的全局描述和分析	185
12.2.1	为什么进行 UML 顺序图和 Petri 网的结合	186
12.2.2	扩展 UML 顺序图, 定义虚拟企业的交互结构	186
12.2.3	UML 顺序图模型到 Petri 网模型的转换	187
12.2.4	对虚拟企业交互结构的性质分析	196
	参考文献	200
第 13 章	成员企业子经营过程的局部描述和分析	202
13.1	建立成员企业子经营过程的完整视图模型	202
13.1.1	用 Petri 网描述成员企业的子经营过程	202
13.1.2	建立成员企业子经营过程的面向对象 Petri 网模型	205
13.2	对成员企业子经营过程模型的性质分析	206
13.2.1	子经营过程的局部合理性定义及其分析	207
13.2.2	子经营过程的局部一致性定义和分析	207
13.3	成员企业子经营过程模型的连接——创建虚拟企业分布式	208

经营过程的完整视图	208
13.3.1 虚拟企业分布式经营过程完整视图的组成	208
13.3.2 虚拟企业分布式经营过程完整视图的性质定义和分析	208
13.4 对活动模型的扩展	209
13.4.1 资源的 UML 类图描述	209
13.4.2 对活动模型的扩展	210
参考文献	216
第 14 章 基于 Agent 的虚拟企业建模	217
14.1 分析领域问题, 确定 Agent 的种类	217
14.2 确定各个种类 Agent 的功能和行为	218
14.2.1 成员企业 Agent	218
14.2.2 活动 Agent	219
14.2.3 角色 Agent	219
14.2.4 资源 Agent	220
14.3 确定 Agent 之间的交互关系和协同机制	220
14.3.1 两个 MAS 系统	220
14.3.2 两种协同机制	223
14.3.3 基于 Agent 的虚拟企业模型全貌	229
参考文献	230
第 15 章 单个 Agent 的建模	231
15.1 确定 Agent 的意识元素	231
15.2 Agent 的领域知识获取	233
15.2.1 知识互换格式 KIF 简介	233
15.2.2 虚拟企业分布式经营过程的 KIF 描述	234
15.2.3 虚拟企业分布式经营过程的 KIF 描述到 Agent 的加载	242
15.3 Agent 的结构模型和行为组织方法	243
15.3.1 基于消息的 Agent 行为组织	243
15.3.2 基于 Agent 的 Agent 结构模型	243
15.3.3 Agent 结构模型的原型实现	246
参考文献	250

第 1 章 虚拟企业的基本概念

敏捷制造环境下,单一的市场竞争形式正在发生变化,取而代之的是全球的合作竞争趋势。顾客需求的个性化和多样化使得越来越多的企业无法快速、独立地把握稍纵即逝的市场机遇。于是,敏捷制造系统的组织形式——虚拟企业(Virtual Enterprises, VE)的概念由此产生^[1]。

作为未来企业的组织形式,虚拟企业已经引起各国政府、研究机构、企业界的广泛重视。研究虚拟企业的信息基础结构以及其上的组织和运作方式,一方面将为 21 世纪的敏捷企业模式的建立发挥至关重要的作用;另一方面,我国的一些高新技术企业已逐步采用了先进的敏捷企业模式,虚拟企业的研究必将为它们提供强有力的技术支持。

本章首先对虚拟企业的研究背景、定义、分类、特征、生命周期等作了简要的介绍,然后对目前学术界的几个重要研究计划和现有的研究方法进行了重点介绍;最后讨论了虚拟企业的若干关键技术和总体体系结构。

1.1 研究背景

科学技术的飞速发展,特别是信息技术的发展,使传统的制造业面临着前所未有的挑战,同时也迎来了巨大的发展机遇。如何面对多变的市场环境、适应经营和市场竞争的全球化、顾客化的需求,及时提供客户所需要的产品/服务,是企业在不可预测的混沌竞争环境中赢得市场的关键。

面对这样一种环境,制造业领域提出了许多新的经营管理模式与技术手段:计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing)、精良生产(Lean Production)、并行工程(Concurrent Engineering)、敏捷制造(Agile Manufacturing)、虚拟制造(Virtual Manufacturing)、经营过程重构(Business Process Re-engineering)等。这些技术的核心就是要求企业以最大的敏捷性来响应市场需求。

作为提高企业竞争能力的一种全新制造业组织模式,集成化的敏捷制造系统已经成为 21 世纪制造业采用的主要手段,而虚拟企业是敏捷制造系统的重要表现形式。

所谓敏捷性就是指企业家能够通过复杂的通信基础设施,迅速地组装其技术、成员和管理,以便在不断变化和不可预测的市场环境中,对顾客的需求作出从容的、有效的协调响应。新的竞争环境要求企业以最大的敏捷性响应市场变化与顾客需求,具备该种能力的企业称之为敏捷型企业^[2、3]。然而,单个企业的能力不可避免地受到资源、人力、技术,地域等诸多方面因素的制约。随着技术更新的加快,产品结构的复杂化,市场竞争的加剧,产品周期的缩短以及用户需求的多样化,独立企业凭借自身优势越来越难以适应市场竞争的要求^[4、5]。面对新

的竞争环境,利用不同地区,不同企业各自的优势进行联合生产是解决这一问题的最好办法。这就是以敏捷型企业为基础,通过企业间的全球合作形成虚拟企业。它为在目前市场环境下以相对较低的成本快速地提供高质量的产品/服务提供了新的有效途径,为企业发展提供了更广阔的空间。

对于大企业来讲,其核心竞争能力主要集中于大市场份额。面对迅速变化的市场,具备所有的增值竞争能力成本太高。因此对这些企业而言,在集中精力增强核心竞争能力(可能是多方面的)的同时,向其外部寻求自身不能提供的资源和服务是理想的策略。相反,中小型企业不具备占有市场或者适应迅速变化的需求所需的资源、能力,更不可能在需要时改变自身的性质。因此,加入网络化的联合企业集团,对于这些企业而言,可以在开放的市场环境中,更加灵活地把握自身的位置。

在制造业面临改革的同时,信息技术,尤其是以 Internet 为代表的网络、通信技术的发展,打破了传统的时间与空间的界限,企业与企业、企业与客户之间的距离被迅速拉近。其实信息技术在制造业中的应用已经取得了巨大的成功。20 世纪 80 年代以信息集成为核心的计算机集成制造系统,20 世纪 90 年代以过程集成为核心的并行工程均把传统的制造技术提高到新的水平。当前,以企业为核心的企业间的集成,即虚拟企业技术,正成为改变制造业格局的新的研究热点。

实际上以虚拟企业为核心的敏捷制造业的合作工程得到了各国的普遍重视。遍布全球的制造过程将合并成为巨大的地域分散的虚拟企业。这一虚拟企业将制造工厂、市场服务、组织服务、测试、设计、客户等联系在一起,在迅速变化的市场、技术、业务的推动下,这一全球性的网络将不断的更新,新的成员加入,旧的成员退出。因此,与传统的相对稳定的企业不同,这一网络不会永久地依赖于特定的供应商,它是完全动态的。

1.2 虚拟企业的定义和基本特征

作为一个新兴的多学科研究领域,迄今为止还没有形成对虚拟企业的统一定义,这一现象本身表明了虚拟企业研究的复杂性与多样性。各个领域的虚拟企业研究项目和/或研究者给出了对虚拟企业的不同定义。

美国的 NIIP 计划^[6]是当今最重要的虚拟企业研究计划,它给出的虚拟企业定义如下:

虚拟企业是一个临时性的企业联盟,其目的是分担成本、共享技术、把握快速变化的市场机遇。

PRODNET II (Production Planning and Management in a Virtual Enterprise) 是欧共体最大的虚拟企业研究计划^[7, 8],它给出的虚拟企业定义如下:

虚拟企业是多个企业的临时联盟,它们为了更好地响应市场机遇进行技术、核心能力和资源的共享,企业之间的合作通过计算机网络得以实现。

Byrne^[9]认为:

虚拟企业是多个独立企业组成的临时性网络,包括供应商、客户、甚至竞争对

手，它们通过信息技术的联接实现技术、成本、市场的共享。

Walton 和 Whicker^[10]认为：

虚拟企业由一组具有核心能力的合作型“节点”组成，这些节点为了响应某个特定的市场机遇形成了一个供应链。

在给出虚拟企业定义的同时，研究者们也进行了虚拟企业的特征分析^[6、11、12]。Bultje 总结了不同研究者赋予虚拟企业的多种特征，并进一步标识了虚拟企业的以下 6 个关键特征^[13]。

- 基于成员企业的核心能力

每个成员企业（Member Enterprises, ME）都向虚拟企业贡献自己的核心能力。核心能力的联合能够获得协力优势，能够更好地满足顾客的需求，能够建立世界级的关键技能集合^[9]。

- 多个独立企业的网络

虚拟企业是多个独立企业组成的临时性企业网络^[9、14]。

- 具有惟一的标识

虚拟企业必须具有自己的标识^[14]，对外界而言，虚拟企业是一个统一的可辨识的企业。

- 基于信息技术

信息技术是虚拟企业得以发展的关键要素，信息网络为地理分布的企业提供了建立联系、共同工作的重要渠道^[9、15]。

- 没有等级制度

虚拟企业中不存在等级制度，所有的成员企业都是平等的。虚拟企业的平等结构^[16]可以提高效率、增强敏捷性、减少管理费用。

- 战略层管理和运作层管理的区分

从管理层次上看，虚拟企业需要区分两个概念：抽象的需求和为了实现目标而采取的具体操作^[15]，即：区分全局的战略管理层次和局部的运作管理层次^[14]。

1.3 虚拟企业的生命周期

虚拟企业是一种动态的企业组织结构，它的全生命周期包括创建、运作、进化和解体四个阶段^[17]，如图 1-1 所示。其中，虚拟企业的运作和进化是相互关联的，可以统称为虚拟企业的动态运作。

动态运作是虚拟企业全生命周期中的重要环节，是一个非常复杂的研究对象。在运作阶段，所有成员企业彼此协同，共同执行虚拟企业的整个经营过程，从而实现虚拟企业的总体目标。在虚拟企业的运作中，还需要根据经营过程执行的实时情况进行相应的调整，即实现虚拟企业在运作过程中的进化。

NIIP 计划认为，虚拟企业的成功运作需要解决以下问题^[6]：

- 1) 如何实现成员企业之间在异构的平台和本体论上的协调和互操作？
- 2) 如何实现虚拟企业的经营过程管理？
- 3) 如何实现虚拟企业内部和/或虚拟企业之间的资源共享问题？

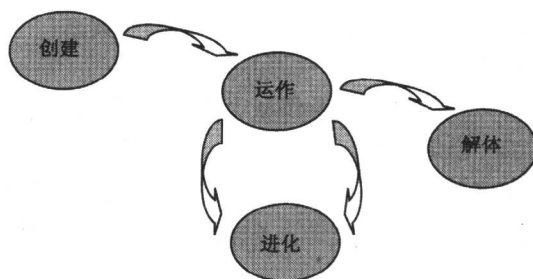


图 1-1 虚拟企业的全生命周期

1.4 虚拟企业的分类

根据一定的标准，可以对虚拟企业进行归类，这有助于确定虚拟企业研究的具体对象，准确全面地分析虚拟企业的各种研究需求，并根据研究需求开展相应的理论和技术研究。根据虚拟企业的持续期、拓扑结构、参与方式、协调特点和可视范围，PRODNET II 对虚拟企业进行了如下分类^[17]，如图 1-2 所示。

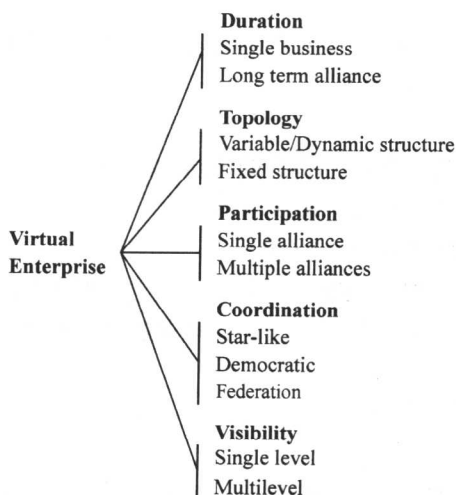


图 1-2 虚拟企业的分类

(1) 持续期

1) 单一交易 (Single business): 虚拟企业为响应某个单一的经营机遇而建立，在完成任务之后立即解体。

2) 长期联盟 (Long term alliance): 虚拟企业形成了长期性联盟，待执行的经营过程数目无定限，或是进行长期合作，常见于食品业、汽车业中的供应链。

(2) 拓扑结构

1) 可变/动态结构 (Variable/Dynamic structure): 虚拟企业网络中的一些企业 (非战略性伙伴) 可以动态地加入或者离开联盟。

2) 固定结构 (Fixed structure): 虚拟企业的网络结构相对固定, 例如, 大多数供应链都具有相对稳定的结构, 供应商和客户通常保持不变。

(3) 参与方式

1) 单一联盟 (Single alliance): 参与某个虚拟企业的企业不能同时参与其他的虚拟企业。

2) 多联盟 (Multiple alliances): 企业可以同时参与多个虚拟企业。

(4) 协调特点

1) 星形协调结构 (Star-like coordination structure): 虚拟企业中存在一个主导企业和若干个以它为中心的、相对固定的供应商, 也称为集中式协调结构。主导企业是游戏规则的定义者, 它规定整个虚拟企业的经营过程模型、信息交换机制和访问权限。

2) 民主联盟 (Democratic alliance): 在民主联盟的虚拟企业中, 不存在主导企业, 所有的成员企业平等合作, 在保持自治性的前提下进行核心能力的联合。

3) 联邦 (Federation): 以民主联盟为基础, 但对资源和技能增加了一定程度的统一管理, 以进行深度的协调。

(5) 可视范围

1) 单层可视性 (Single level visibility): 虚拟企业网络中的某个节点只能看到与它直接毗邻的节点 (供应商、客户), 如大多数的供应链。

2) 多层可视性 (Multilevel visibility): 辅之以高级的协调手段, 虚拟企业网络中的节点对非直接相邻的企业也具有一定的可视权。

1.5 虚拟企业的重要研究计划

虚拟企业是当今发达国家和先进企业竞相研发的 21 世纪企业运行模式。比较典型的研究计划有: 北美的 NIIP 计划, 欧共体的 X-CITTIC、VEGA、PLENT 和 PRODNET II 计划。

1.5.1 NIIP 计划

NIIP (National Industrial Information Infrastructure Protocols) 计划^[6]由美国政府和企业界共同发起, 始于 1994 年, 耗资 6 千万美元, 共有 18 个政府机构、研究单位和企业参加, 是当今虚拟企业领域中最重要研究计划。

NIIP 的研究目标是: 支持工业虚拟企业 (IVE, Industrial Virtual Enterprise) 的形成, 并使能各个成员企业在异构型计算环境中的合作。为此, NIIP 计划提供了一整套适用于虚拟企业全生命周期的规范以及对各种企业环境的信息技术支持。

1. NIIP 参考体系结构

以现有的一些核心技术为基础, NIIP 提出了虚拟企业的一种参考体系结构, 其抽象视图如图 1-3 所示。NIIP 中定义的参考体系结构定义了实现其研究目标所

需的技术与接口，其设计宗旨在于开发一种使虚拟企业能将各种资源和技术综合于一个系统的软件体系结构，使用户可以选择和连接不同的组件并使它们作为一个集成单元运作。

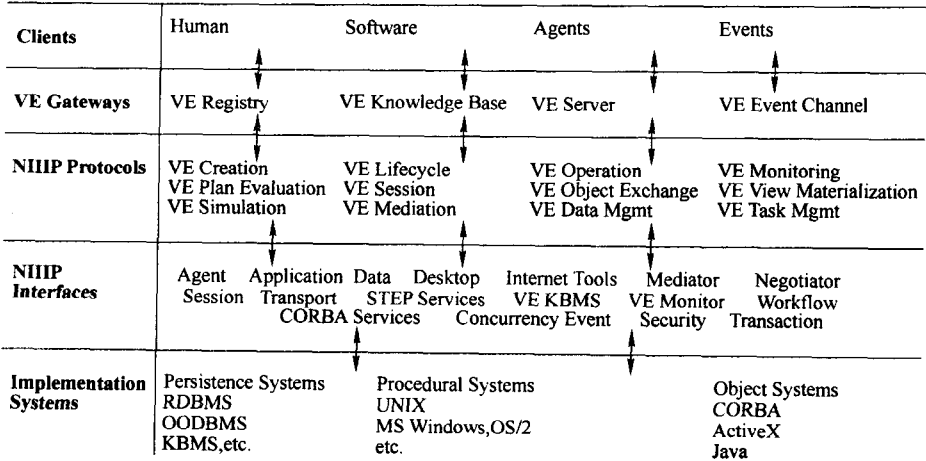


图 1-3 NIIP 参考体系结构的抽象视图

NIIP 参考体系结构致力于寻求以下问题的标准解决方法：

- 虚拟企业的连通性
- 工业信息建模和互换
- 虚拟企业的项目和任务管理

NIIP 参考体系结构是一种分布式的开放结构，它以现有的一些核心技术和工业标准为基础（如 Internet 及其相关的通信设施和服务，OMG 及其相关技术，STEP 及其相关的信息建模技术， workflow 管理协会参考结构），并根据需要对已有的协议进行了相应的集成和扩展，创建了一个可以集成新旧应用的环境。

如图 1-3 所示，NIIP 的参考体系结构包括客户、VE 网关、NIIP 协议、NIIP 接口和实现系统五个层次，对象之间的交互只发生在相邻的层次上，具体情况如下：

- 1) 客户将其请求传送至 VE 网关。
- 2) VE 网关中的对象与 12 个 NIIP 协议对象相联系。
- 3) NIIP 协议对象调用 13 个 NIIP 接口和四个 OMG CORBA 服务接口。
- 4) 接口对象激活实际操纵现实实体的实现系统，这里的现实实体包括各种计算资源（文件、对象、数据库记录），也包括车间的机器。

协议层是 NIIP 参考体系结构中最为核心的内容，它定义了组织为四层的 12 个协议。

- 1) 顶层：创建协议，生命周期协议，运作初始化协议（启动运作层协议）。
- 2) 运作层：监测协议，过程评价协议，会话初始化协议（启动会话层协议）。
- 3) 会话层：对象交换协议，视图实现协议，测试和认证协议。