

# 虚拟企业及其协作模型

陈 刚<sup>1</sup>, 金 芝<sup>1,2</sup>, 陆汝钤<sup>1,2</sup>

(1. 中科院数学与系统科学研究院数学研究所, 北京 100080; 2. 中科院计算所, 北京 100080)

**摘 要:** 虚拟企业是多个企业为共享技术和核心竞争资源, 以快速响应市场需求变化为目的, 而组成的一个动态企业联盟. 如何从一组独立企业出发, 建立有效的虚拟企业联盟, 提高虚拟企业内各独立企业之间的协作效率, 已经成为虚拟企业研究和应用的热点. 本文首先分析了虚拟企业及其协作模型, 然后针对虚拟企业组建和运营中的协作问题, 提出了一种企业协作关系网模型, 并给出了建立在企业协作关系网基础之上的企业协作策略.

**关键词:** 虚拟企业; 企业 Agent; 企业协作关系网

**中图分类号:** TP18 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-2075-04

## Virtual Enterprise and Its Coordination Modelization

CHEN Gang, JIN Zhi, LU Ru-qian

(1. Institute of Mathematics, Lab of MADIS, Academy of Mathematics and System Sciences, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China

2. Chinese Academy of science, Beijing 100080, Chian)

**Abstract:** A virtual enterprise (VE) is a temporary alliance of enterprises that come together to share skills or core competence and resources in order to better respond to business opportunities. In order to offer their own services and to utilize the services of others in VE, it naturally demands the information sharing and interactions across organizational boundaries of enterprises. This paper presents a comprehensive methodology for building the distributed enterprises system that guarantees effectivity of coordinating and cooperating in the alliance of enterprise (i. e. virtual enterprise). It introduces the main concepts underlying virtual enterprise and virtual enterprise model (VEM). Then, it goes into details about the problem of defining a suitable VEM to effectively support coordination activities in the enterprises cooperation network (ECN).

**Key words:** virtual enterprise; enterprise agent; enterprises cooperation network

### 1 引言

虚拟企业作为一种新的企业组织与管理模式最早出现在 20 世纪 90 年代初<sup>[1]</sup>. 一般认为, 虚拟企业是为了快速响应市场需求变化, 并由多个独立企业为共享资源, 利用网络信息技术联结起来的临时企业联盟<sup>[2]</sup>. 随着 NIIP 项目和 ESPRIT 的 logSME、MARVELOUS 等项目的相继投入<sup>[3,4]</sup>, 掀起了虚拟企业研究和应用的热潮, 并引起了来自经济学、管理学、社会学和计算机科学等多学科领域内研究者的广泛关注. 目前已有的一些虚拟企业模型, 如供应链模型、联邦企业模型等, 基本是以社会学、经济学和管理学领域的研究为出发点. 虚拟企业的建立和运作还只能是人为进行的, 还没有能够支持自动 (或者半自动) 建立或模拟虚拟企业运营过程的方法和技术. 本文是从支持虚拟企业的自动建立和进行运行模拟这个目标出发而开始的研究, 试图为建立虚拟企业信息系统提供可行的模型和方法. 由于虚拟企业具有包含多利益主体、信息不对称、目

标动态变化等特性, 使得完成这一目标存在一定的难度. 从技术上看, 我们认为<sup>[6]</sup>, 要实现虚拟企业信息系统主要涉及三个方面的问题. 首先要研究虚拟企业本身的发生、发展和消亡的过程 (即虚拟企业生命周期), 这也是是虚拟企业信息系统的宏观控制过程. 其次要研究动态组建虚拟企业的模型和方法, 其中包括对虚拟企业的动态组织和协调运行进行建模的能力. 最后要研究对虚拟企业运行的控制和管理, 包括根据市场变化对组建好正在运营的虚拟企业的调整甚至终止. 本文主要针对前面两个问题来展开讨论, 其它方面的问题, 我们将另文阐述. 本文其余部分的安排如下: 第 2 节提出了我们关于虚拟企业的定义, 定义了虚拟企业生命周期的概念. 第 3 节形式地描述企业模型和企业协作关系网模型, 并以上述协作关系网为基础, 进一步定义了企业之间的信任关系度量. 通过这个信任关系, 我们可以完成对虚拟企业信息系统的建模. 本文第 4 节给出了虚拟企业的协作策略, 以及企业执行过程. 最后在第 5 节, 我们给出了对本文工作的一个总结.

收稿日期: 2002-06-06; 修回日期: 2002-11-28

基金项目: 国家 863 高技术计划 (No. 2001AA113130); 国家自然科学基金 (NO. 69983010); 国家基础研究重大项目 (No. 2001CCA03000)

## 2 虚拟企业及其生命周期

什么是虚拟企业? 尽管对这个问题目前已经存在许多答案,但它们都是从社会学、管理学角度出发进行论述.这对帮助我们理解虚拟企业概念是有益的,但对要使组建虚拟企业的过程成为机器可操作这个研究目的,距离还相差甚远.

首先,我们用如下企业聚类的概念来刻画虚拟企业生长环境.

**定义 1 (企业聚类)** 企业聚类  $C_E$  定义为五元组的格式:

$$C_E \equiv_{\text{def}} \langle S_{Reg}, E_c, R_e, M_e, B_e \rangle$$

其中,  $S_{Reg}$  表示企业聚类中的目录注册机构,  $E_c$  表示企业聚类中现有的企业个体的集合,它是一个非空有限集,  $R_e$  表示企业聚类中企业个体之间存在的潜在的合作关系的集合,  $M_e$  表示企业聚类中所有企业个体面对的市场,虚拟企业任务就是由市场提供的,  $B_e$  表示在企业聚类中起沟通作用的中介机构.

企业聚类中的企业个体集  $E_c$  是动态变化的,任意企业个体都可以动态加入和退出,  $E_c$  中的各企业个体相互间是自利的和信息不对称的.聚类内企业之间的关系  $r \in R_e$  主要是指两个企业个体在生产经营中可能结成的关系,如供需关系、委托-代理关系等.企业聚类中的目录注册机构  $S_{Reg}$ 、市场  $M_e$ 、中介机构  $B_e$  实际上都是为虚拟企业提供特定服务的.  $S_{Reg}$  主要是为了提供一个有关各成员企业个体真实协作信息.  $M_e$  对模拟虚拟企业的完整过程起着重要的作用,一方面市场需求触发了虚拟企业的组建,另一方面虚拟企业的运营又左右着市场的变化.  $B_e$  实际上充当了一种信息沟通渠道,为企业搜集、分析和提供有用的信息.

在企业聚类概念的基础上,再给出如下虚拟企业的定义:

**定义 2 (虚拟企业)** 针对市场  $M_e$  发布的确定任务  $T$ ,企业聚类中的一组企业个体  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\} \subseteq E_c$  形成了一个临时联盟,这个联盟有能力完成任务  $T$ .我们称这组企业个体的联盟为一个虚拟企业  $VE$ .

如果用企业个体之间的关系表示这里所说的联盟的话,一个虚拟企业可表示为  $V_E \equiv \langle T, M, E_V, R_V \rangle$ .其中,  $T$  是虚拟企业的任务,  $M \in E_V$  是接受任务的企业个体,它是该虚拟企业的召集者,  $E_V = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$  是该虚拟企业的所有参与者的集合.  $R_V \subseteq R_e$  是  $E_V$  中企业个体之间的协作关系的集合.

根据这个定义,可以概括出虚拟企业的生命周期如下:

(1)(任务识别阶段)企业  $M$  从市场中识别出市场机遇(任务),由于无法(或不愿)独自完成,需要为完成这个任务组建一个虚拟企业.

(2)(虚拟企业组建和变更阶段)组建一个虚拟企业有两种方式:(a)企业  $M$  根据与其它企业的已有关系,寻求合作伙伴,结成联盟;(b)企业  $M$  委托中介机构去寻求可能的合作伙伴,建立企业联盟.

这个临时联盟就是虚拟企业.由于市场作用,虚拟企业结构可能发生两种变化:(a)联盟内部调整.原有企业个体退出或者更具竞争力的企业伙伴加入;(b)任务调整.执行的任务

内容和方式发生变化,企业协作需相应调整.

(3)(虚拟企业运营阶段)根据任务启动虚拟企业的运营.本阶段可能需要根据市场调节或虚拟企业内部变化返回到上一阶段进行虚拟企业结构和方式的变更.

(4)(虚拟企业的终止)存在两种终止的可能:(a)成功终止:任务完成,目标实现,利益分配,联盟终止;(b)失败终止:如果上述变更失败,则临时联盟提前终止.

其中,目标识别(即,市场机会的识别)是确立虚拟企业目标的基础,如何从变化的市场需求中识别虚拟企业目标是实际构建虚拟企业时需要重点考虑的问题.前面提出的企业聚类、单元化市场概念对虚拟企业市场机会的识别具有重要意义.

## 3 企业协作关系网

从第 2 节的分析中可以看到,企业聚类是建立虚拟企业的基础,企业聚类内各企业相互间存在着大量合作关系,企业聚类内所有这些企业及其协作关系形成了一个网,我们称之为企业协作关系网.

### 3.1 协作关系网结构

任何一个企业都不可能完全掌握所有其它企业的信息,这和人类社会人与人之间的关系相类似.在人类社会中,一个人不可能认识社会中的所有人或彻底了解其中的某个人,但他/她可以通过周围的熟人、熟人的熟人……来认识足够多的人或尽可能全面地了解其中某个人的情况,这实际上是一种完全分布的处理方式.以下讨论的企业协作关系网正是建立在这种直观的思想的基础上.

设  $C_E$  是一个企业聚类,  $E_C$  是  $C_E$  的企业集合,则对企业  $a \in E_C$ ,用如下四元组表示  $a$  的知识模型:

$$Knowledge(a) \equiv_{\text{def}} \langle Name(a), Capability(a), Resource(a), Target(a) \rangle$$

其中,  $Name(a)$  表示该企业的名字,  $Capability(a)$  表示该企业的能力,  $Resource(a)$  表示该企业要实现自己的能力所需要的资源\*,  $Target(a)$  表示该企业的目标\*\*.

并用:  $Relationship(a) \equiv_{\text{def}} \{ \langle Know(a_i), Trust(a_i) \rangle \mid a_i \in E_C \}$

表示  $a$  当前的关系模型,它记录了  $a$  当前所知道的其它企业的情况以及信任程度.其中,  $Know(a_i) = \langle Name_a(a_i), Capability_a(a_i) \rangle$ ,表示  $a$  所知道的  $a_i$  的相关属性,  $Name_a(a_i)$  是  $a$  所知道的  $a_i$  的名字,  $Capability_a(a_i)$  是  $a$  所知道的  $a_i$  的能力,也用如上所述的形式表示.如果  $a$  知道的  $a_i$ ,我们也记为  $Know(a, a_i)$ .  $Trust(a_i)$  表示  $a$  对  $a_i$  的信任程度,同样,我们也说  $a$  对  $a_i$  的信任程度为  $Trust(a, a_i)$ .

这里需要说明的是,为了控制  $a$  的关系模型的规模,我

\* 资源也是一个集合属性,集合中的每个元素具有三维属性,即(产品,时间,数量),其直观含义为,要达到所需要的能力,必须要别人提供的产品的数量和提供产品的时间要求.

\*\* 我们可以用“价格”这个指标表示该企业所预期达到的目标,针对每种产品有一个价格指标.

们规定了一个常量  $N$  作为  $a$  已知的其它企业最大个数.  $a$  的关系模型中存储的其它企业是动态变化的. 从后面的讨论我们可以看到, 它实际上存储的是当前最了解的前  $N$  个企业的情况. 一个企业聚类中所有企业的知道关系形成了企业协作关系网.

### 3.2 对 KNOW 关系的分析

为揭示前述协作模型中的  $Know$  关系, 这里分析一下构造这个关系模型的过程.

首先引入企业之间的泛知道关系( $K\widetilde{now}$ )的概念. 设  $a, b \in E_C$  是  $E_C$  中任意两个企业, 则  $a, b$  满足  $K\widetilde{now}(a, b)$  并且  $a$  对  $b$  的了解程度为  $D_{K\widetilde{now}}(a, b)$ .  $d_{K\widetilde{now}}(a, b)$  值的大小表示了一个企业对另一个企业的了解程度, 取值为 0 到 1 之间的一个实数. 如果  $D_{K\widetilde{now}}(a, b) = 0$ , 表示企业  $a$  对企业  $b$  一点都不了解, 是陌生的. 对企业  $a$ , 规定  $D_{K\widetilde{now}}(a, a) = 1$ , 企业对自己总是熟悉的.  $D_{K\widetilde{now}}(a, b) = 1$  表示企业  $a$  对企业  $b$  完全了解. 两个企业的了解程度与它们的合作次数相关. 最简单的情况下, 规定企业  $a$  对企业  $b$  的了解程度为:

$$D_{K\widetilde{now}}(a, b) = (m_1 + m_2) / (n_1 + n_2)$$

其中,  $n_1$  是企业  $a$  向企业  $b$  发出合作请求的次数,  $m_1$  是企业  $b$  接受企业  $a$  的合作请求的次数,  $n_2$  是企业  $b$  向企业  $a$  发出合作请求的次数,  $m_2$  是企业  $a$  接受企业  $b$  的合作请求的次数. 按照其对称性, 企业  $b$  对企业  $a$  的了解程度  $D_{K\widetilde{now}}(b, a) = D_{K\widetilde{now}}(a, b)$ .

假设当前企业聚类中有  $n$  个独立企业, 即  $E_C = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , 则它们之间的了解程度形成如下所示的一个了解关系矩阵:

$$\begin{bmatrix} D_{K\widetilde{now}}(a_1, a_1) & D_{K\widetilde{now}}(a_1, a_2) & \dots & D_{K\widetilde{now}}(a_1, a_n) \\ D_{K\widetilde{now}}(a_2, a_1) & D_{K\widetilde{now}}(a_2, a_2) & \dots & D_{K\widetilde{now}}(a_2, a_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{K\widetilde{now}}(a_n, a_1) & D_{K\widetilde{now}}(a_n, a_2) & \dots & D_{K\widetilde{now}}(a_n, a_n) \end{bmatrix}$$

其中,  $0 \leq D_{K\widetilde{now}}(a_i, a_j) \leq 1 (1 \leq i, j \leq n)$  是企业  $a_i$  对企业  $a_j$  的了解程度.

**定义 3 (泛知道关系的  $\lambda$ -截)** 设当前企业聚类中含有  $n$  个企业, 即,  $E_C = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,  $a \in E_C$  为其中的一个企业, 定义  $\lambda$  为 0 到 1 之间的一个数, 则  $a$  的泛知道关系的  $\lambda$ -截为:  $K\widetilde{now}_\lambda(a) = \{a_i | 1 \leq i \leq n, a \neq a_i, D_{K\widetilde{now}}(a, a_i) \geq \lambda\}$ , 其中:

$$D_{K\widetilde{now}}(a, a_i)_\lambda = \begin{cases} D_{K\widetilde{now}}(a, a_i), & \text{如果 } D_{K\widetilde{now}}(a, a_i) \geq \lambda \\ 0, & \text{如果 } D_{K\widetilde{now}}(a, a_i) < \lambda \end{cases}$$

**定义 4 (知道关系 Know)** 设当前企业聚类中含有  $n$  个企业, 即,  $E_C = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,  $a \in E_C$  为其中的一个企业,  $N$  为  $a$  的关系模型的规模. 取  $\lambda = \max\{|K\widetilde{now}_\lambda(a)| \leq N\}$ , 则有:  $K\widetilde{now}(a) = K\widetilde{now}_\lambda(a)$ .

规定企业协作关系模型的规模取企业知道关系的  $\lambda$ -截, 这就是说, 可以强制抛弃那些熟悉程度不高的企业, 而保留了熟悉程度高的企业的信息. 这个取  $\lambda$ -截的过程使企业关系模型中的知道关系呈现不对称性. 但对那些被抛弃的企

业, 与它相关的合作历史还是要记录下来的 (以便以后计算了解程度).

**定义 5 (知道关系链)** 称  $\mathcal{A} = \langle a_0, a_1, \dots, a_n \rangle$  是从企业  $a_0$  到  $a_n$  的知道关系链, 如果对  $0 \leq i \leq n-1$ , 有  $K\widetilde{now}(a_i, a_{i+1})$  并且如果  $i \neq j$ , 有  $a_i \neq a_j$ .

更准确地, 我们有, 一个知道关系链实际上是一个基于  $\lambda$ -截的泛知道关系链.

**定义 6 (基于  $\lambda$ -截的泛知道关系链)** 对于任何从企业  $a_0$  到  $a_n$  的知道关系链  $\mathcal{A} = \langle a_0, a_1, \dots, a_n \rangle$ , 则有对任意  $0 \leq i \leq n-1$ , 都有:  $D_{K\widetilde{now}}(a_i, a_{i+1})_{\lambda_i}$ .

并且如果  $i \neq j$ , 有  $a_i \neq a_j$ , 我们称  $\mathcal{A}$  为从  $a_0$  到  $a_n$  的基于  $\lambda$ -截的泛知道关系链. 如果,  $k = \min\{\lambda_{a_1}, \lambda_{a_2}, \dots, \lambda_{a_n}\}$ , 则称从  $a_0$  到  $a_n$  是  $\lambda$ -可访问的,  $\mathcal{A}$  是从  $a_0$  到  $a_n$  的访问路径.

## 4 基于协作关系网的协作策略

在虚拟企业组建和运营期间, 我们采用基于协作关系网的投标-招标方式进行任务协作. 与一般的广播式投标-招标方式<sup>[7]</sup>不同的是, 这里的投标-招标过程都是按照当前企业聚类中的协作关系模型来进行的, 其主要优点包括: (1) 可以减少整个系统的通讯开销; (2) 可以按照了解程度和信任程度来选择合作关系, 从而提高投标-招标的命中率. 假定每个企业都参与市场竞争并采用以下投标-招标策略: 市场机会识别策略、标书发布策略、标书接受策略和合作伙伴选择策略:

(1) 市场机会识别策略. 市场机会识别有两种情况: 第一, 企业自主地从市场中发现潜在的任务; 第二, 市场定期向企业聚类发布任务. 由于本文重点并不在对市场的模拟上, 因此不打算对此展开叙述. 假设企业最后获得的任务采用如下四元组形式表示:  $\langle \text{Product}, \text{Time}, \text{Quantity}, \text{Price} \rangle$ , 其中, 前三项的含义是在时间  $\text{Time}$  内生产出数量为  $\text{Quantity}$  的产品  $\text{Product}$ , 预计的价格为  $\text{Price}$ .

(2) 标书发布策略. 假设企业  $a$  存在一个协作任务  $\langle \text{Product}, \text{Time}, \text{Quantity}, \text{Price} \rangle$ , 则它的标书分发策略如下:

- 向自己知道的可以完成该项任务的企业组  $\text{Candidates}$  发布任务标书, 即  $\text{Candidates} = \{b | \langle b, \text{Product} \rangle \in \text{Know}(a)\}$ .
- 设应标的企业的集合为  $\text{AnswerCandidates} \subseteq \text{Candidates}$ .
- 如果  $\text{AnswerCandidates} \neq \emptyset$ , 则用合作伙伴选择策略, 从  $\text{AnswerCandidates}$  中选出一个企业  $a'$  作为合作伙伴;
- 否则, 如果  $\text{AnswerCandidates} = \emptyset$ , 则请求中介进行广播式招标.

(3) 标书接受策略. 当企业  $a$  接受到从企业  $a'$  发来的任务标书  $T = \langle \text{Product}, \text{Time}, \text{Quantity}, \text{Price} \rangle$  时, 对是否应标进行的决策. 其主要策略是

- 若该任务在  $a$  的能力范围之内, 即  $\langle \text{Product}, \text{Time}, \text{Quantity} \rangle \in \text{Capability}(a)$ , 并且预计的价格是可接受的, 即  $\text{Price} \geq \text{Price}(a)$ , 则  $T$  为可接受任务.
- 如果  $\langle \text{Product}, \text{Time}, \text{Quantity} \rangle \in \text{Capability}(a)$ ,  $\text{Quantity} < \text{Quantity}$ , 并且  $\text{Price} \geq \text{Price}(a)$ , 则  $T$  为条件可接受任务.
- 对条件可接受任务  $T$ , 如果在  $a$  的关系模型中, 存在知

道的企业  $b$ , 其能力与它相同(即生产相同的产品), 即存在  $b$  使得  $\langle b, Product \rangle \in Know(a)$ , 则  $T$  转变为可接受任务。

- 对可接受的任务, 如果在该企业关系模型中存在知道的能为其提供资源的企业, 即对所有  $\langle Product, -, - \rangle \in Resource(a)$ , 都存在  $b$ , 使得  $\langle b, Product \rangle \in Know(a)$ , 则该任务成为待接受任务。

- 不能成为待接受任务的任务, 为不可接受的任务。

(4) 合作伙伴选择策略。

- 对于发布标书的企业  $a$ , 如果  $a$  接受到一组企业来应标, 它们构成集合 *AnsweringCandidates*, 则  $a$  从中选择一个信任程度最高的企业  $b$  作为合作伙伴, 即对所有的  $b' \in AnsweringCandidates$ , 有  $Trust(a, b) \geq Trust(a, b')$ 。

- 对于接受标书的企业  $a$ , 如果  $a$  接受到一组企业发来的标书, 而且它们都是待接受任务, 这组企业构成集合 *WaitingCandidates*, 则  $a$  从中选择一个信任程度最高的企业  $b$  作为合作伙伴, 即对所有的  $b' \in WaitingCandidates$ , 有  $Trust(a, b) \geq Trust(a, b')$ 。

根据以上策略, 定义在虚拟企业中每个企业的运行过程如下:

(1) 企业  $a$  识别(或接受)到一个任务  $T = \langle Product, Time, Quantity, Price \rangle$ ;

(2) 企业  $a$  用标书接受策略判断  $T$  是否可以接受, 返回值为满足、部分满足、和未满足;

(3) 如果返回值为未满足, 则失败结束。

(4) 如果返回值为满足, 则  $Resource(a)$  作为生成任务集 *GeneratedTasks*;

(5) 如果返回值为部分满足, 若  $\langle Product, Time, Quantity1 \rangle \in Capability(a)$ , 则  $\langle Product, Time, Quantity-Quantity1, Price \rangle \cup Resource(a)$  作为生成任务集 *GeneratedTasks*;

(6) 对每个  $\langle P, T, Q, P \rangle \in GeneratedTasks$ , 作如下操作:

(a) 如果  $\langle P, T, Q, P \rangle \in M_e$ , 则进入下一次循环;

(b) 否则, 用标书发布策略发布标书  $\langle P, T, Q, P \rangle$ 。

(7) 如果任务成功结束, 则告诉市场  $M_e$ , 任务  $T$  已经完成。

## 5 小结

虚拟企业是多学科结合的产物, 近年来已经成为十分热门的研究领域。本文从实现虚拟企业信息系统的角度出发, 提出了企业聚类的概念, 并在此基础上分析了虚拟企业信息系统的功能, 提出了虚拟企业生命周期的模型。为了模拟虚

拟企业的协作运营方式, 本文还提出了一种虚拟企业的分布式协作关系网模型, 并设计了虚拟企业中企业运行的算法和过程, 这在目前虚拟企业的研究中是具有独创性的。本文工作的主要目的是为虚拟企业信息系统的构造提供指导方针和实现方法。本文提出了一种企业模型, 通过它实现对企业的建模。企业模型包含自身知识模型和企业关系模型两个方面。其中知识模型主要用能力、达到这个能力所需的外部资源、以及企业目标来对企业进行建模。本文提出的基于一定规模的关系模型的协作方法, 主要是为了防止信息的过度冗余, 避免企业化大量资源来维持一个庞大的关系库, 以及提高协商的效率(即先选择预计最有可能合作的对象进行协商)。同时, 按照这种关系模型, 企业之间通过成功的合作回越来越密切, 这也在一定程度上反映了现实社会的情况。

## 参考文献:

- [1] K Preiss, S L Goldman, R N Nagel. 21<sup>st</sup> Century Manufacturing Enterprises Strategy: An Industry-Led View[R]. USA: Jacocca Institute, Lehigh University, 1991.
- [2] John A Byrne. The virtual corporation[J]. Business Week, February 8, 1993.
- [3] L M Camarina-Matos, H Afsarmanesh, C Garita, C Lima. Towards an architecture for virtual enterprise[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 1998, 3(9): 189 - 199.
- [4] NIIP Reference Architecture Book 0: Introduction to NIIP Concepts[Z]. NIIP Inc, <http://www.niip.org>, 1999.
- [5] N R Jennings, J A Pople. Design and implementation of ARCHON's coordination module[A]. Proc. Workshop on Cooperating Knowledge Based Systems[C]. Keele, UK, 1993. 61 - 82.
- [6] R Lu, Z Jin. Domain Modeling-Based Software Engineering[M]. Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [7] R G Smith. The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver[J]. IEEE Transaction on Computer, 1980, 29(12): 1140 - 1113.

## 作者简介:

陈刚 男, 1968 年生于湖南永州, 主要研究领域: 知识工程, 分布式人工智能。

金芝 女, 1962 年 6 月生于上海市, 主要研究领域: 知识工程, 基于知识的软件工程。

陆汝钤 男, 1935 年 2 月生于上海市, 主要研究领域: 人工智能, 知识工程。