

## 面向服务的虚拟企业建模研究<sup>\*</sup>

崔巍<sup>1,2+</sup>, 孟祥旭<sup>2</sup>, 刘士军<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(山东大学 计算机科学与技术学院, 山东 济南 250100)

<sup>2</sup>(山东建筑大学 计算机科学与技术学院, 山东 济南 250101)

### Research on Service Oriented Virtual Enterprises Modeling

CUI Wei<sup>1,2+</sup>, MENG Xiang-Xu<sup>2</sup>, LIU Shi-Jun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Computer Science and Technology, Shandong University, Ji'nan 250100, China)

<sup>2</sup>(School of Computer Science and Technology, Shandong University of Architecture and Engineering, Ji'nan 250101, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-531-86603276, Fax: +86-531-88564002, E-mail: cuiw@sdaie.edu.cn

**Cui W, Meng XX, Liu SJ. Research on service oriented virtual enterprises modeling. *Journal of Software*, 2006,17(Suppl.):154-160.** <http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/s154.htm>

**Abstract:** This paper describes the character of Service and Application Service Provision (ASP) model, and builds a new Service Oriented Virtual Enterprises (VE) based on the ASP services. In order to support the enterprises to achieve more competitive, this model is used for virtual enterprises modeling. The paper analyzes the mechanism of the partner selection and describes the algorithm of Naïve Bayesian for partner selection. Then the paper puts forward a service oriented VE modeling framework and describes the modeling process of this service oriented VE.

**Key words:** service oriented; virtual enterprises modeling; partner selection; Naïve Bayesian filter

**摘要:** 提出一种面向服务的虚拟企业建模方法.首先对虚拟企业中伙伴选择策略进行了分析,提出了应用 Naïve Bayesian 分类器进行伙伴选择的算法;然后提出了基于制造专业服务和服务提供商构建虚拟制造组织(虚拟企业)的架构,并分析了基于该架构的虚拟企业建模流程.基于该方法实现了原型系统,并应用于松散耦合的企业间协作业务.

**关键词:** 面向服务;虚拟企业建模;伙伴选择;Naïve Bayesian 分类器

伴随经济的全球化,现代企业需要能够迅速地响应市场需求,在原有实体企业的业务和职能基础上,通过系统间的互操作,支持更广泛范围内的资源共享和协同工作.传统的紧密耦合的企业间合作已经很难满足上述需求,需要新的技术支持.虚拟企业(virtual enterprise,简称 VE)正是为整合资源、技术和人力优势,由多家跨地区甚至跨国的企业组成的新的企业生产组织形式,通过不同企业之间的协同工作,共同实现虚拟企业总的业务目标.VE 的组织形式是开放和松散耦合的,其中的资源共享和业务执行是在跨组织的协同下完成的,资源和服务

---

\* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.90612021 (国家自然科学基金); the Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China under Grant No.20050422019 (高等学校博士学科点专项科研基金); the CNGI Project of China under Grant No.CNGI-04-15-7A; the Science & Technology Development Projects of Shandong Province of China under Grant Nos.2004GG1104011, 2004GG1104017 (山东省科技发展计划)

Received 2006-04-15; Accepted 2006-09-11

分属于不同企业或组织,并自主地进行管理,带有明显的自治性和自主性特点。

在虚拟企业的组建阶段,选择合作伙伴是一个复杂的决策问题,盟主企业能否在众多的目标企业中选择出合适的合作伙伴是一个关键问题;需要科学分析和管理虚拟企业的总目标,并为各个子任务选定适合的成员企业。国内外的很多学者已经针对虚拟企业建模提出了一些伙伴选择的方案<sup>[1-6]</sup>,文献[2]设计了一个灵活的交互式决策支持系统进行优化的伙伴选择;文献[3]将粗糙集理论运用到虚拟企业伙伴选择问题中,提出了伙伴选择决策模型和方法,但由于评价指标中存在许多难以量化的指标,给伙伴选择最优化决策带来困难;此外,在虚拟企业伙伴选择算法方面,提出了基于信任评审的<sup>[4]</sup>、基于模型的<sup>[5]</sup>和基于灰色关联分析的<sup>[6]</sup>等多种不同的算法。这些方法各有特点,但都没有考虑语义的支持,需要依赖专家的打分评审,在缺乏灵活的应用集成手段的前提下,实际应用中操作起来比较困难。

面向服务的体系结构(service-oriented architecture,简称 SOA)是一种用于构建分布式系统的方法,它可以把一些应用功能作为服务向终端用户或其他服务提供<sup>[7]</sup>。SOA 允许自治的伙伴发布他们的能力,并与其他伙伴之间建立点对点的交互,通过组合和外包实现按需的计算<sup>[8]</sup>。

近年来,制造业中的专业分工越来越细,很多企业专注于提供专业的服务,而应用服务提供(application service provision,简称 ASP)作为一种新的服务商业模式,也得到迅速发展。ASP 可以分为两种类型<sup>[9]</sup>:传统 ASP 和以网络为中心的 ASP 即 Internet 商业服务提供商(Internet business service provider,简称 IBSP)。IBSPs 应用 Internet 或其他广域网提供在线应用服务,使得销售服务而不是销售产品成为可能。这些应用不是通过编辑程序源码来提供个性化服务,而是通过对服务的配置来支持定制,不改变其组件代码。因此,相比传统的 ASP,IBSPs 更接近于用统一模型构建其商业过程,其特点包括:在多租用模式下运行其服务,用单一的代码库支持多客户;通过资源分割供给大量的用户,以降低硬件和系统管理费用;通过使用标准 Web 技术作为用户端界面以减少客户端开发投入。这种模式下,服务根据需要而存在,服务动态分配和集成,按需提供给多个客户,客户在需要时使用,然后根据使用的服务付费,不需要购买自己的服务器或其他附加设备,需要时也可以租用相关的工程人员;客户只是购买服务器的租用时间或处理能力,服务提供者可以对客户收取服务费用<sup>[10]</sup>。近年来,Internet 和电子商务的普及,以及信息访问、服务界面和方法的标准化,为 ASP 模型的应用打开了市场。

在广泛的专业制造服务基础上构建虚拟企业,可以降低应用间的耦合性,提供动态的服务集成,更适合现代制造业的应用需求;可以支持大范围内的公共业务过程集成(如供应链企业群体内),从而实现企业间具有松散耦合关系的不同应用间的互操作<sup>[11]</sup>;在这种模式下,通过将资源和应用封装为大量制造专业服务,构成支撑整个业务的系统主体,是未来主流的平台集成方式<sup>[12]</sup>。Web 服务组合(Web service composition)是在组织内或跨组织边界应用集成的一种新方法,通过组合几个组件产品或服务,绑定到一起满足给定客户的需要<sup>[13]</sup>。Web 服务的无缝组合在流程化 B2B 应用和企业应用集成中有着巨大的潜力<sup>[14]</sup>。

本文分析 ASP 服务模式的虚拟企业服务基础,研究了虚拟企业的伙伴选择策略,并基于服务组合的方法,以面向服务的思想构建起松散耦合的虚拟企业制造组织,以迅速响应市场,并灵活地组建和解散。

## 1 进化的 ASP 模型

在传统的定义中 ASP 是一种“一对多模型”,通常是一种客户-服务器交互的结构模型,服务器把相同的服务提供给许多不同的客户。近年来,这种传统的 ASP 模式正在被另外两种进化的模式所取代。

### 1.1 联邦(federated)模式

联邦(federated)模式<sup>[15]</sup>,按需产生服务提供者的动态虚拟组织,在一定的时期内共享资源、计算能力和信息,以应对一定的市场需要。许多 ASP 服务提供者提供的服务能够组合成更复杂的服务以满足客户的需求,因此,该模式中有一个潜在的、虚拟的 ASP 提供者,可以从不同的组织中获取服务组件来构建所需服务。

这种模式中有两种主要的业务角色:服务提供者和服务使能者。服务提供者与传统的应用提供者的主要区别是:服务提供者提供的是服务而不是应用,因此一个服务提供者可以给多个客户提供服务,这与传统 ASP 模型一样,但这些服务的粒度不同,可以不是最终客户所需要的服务,而只是其他服务所需要的。服务使能者可以通

过组合网络中存在的服务在服务间实现合作.由一组服务提供者和服务使能者构建的一个虚拟组织(VO),这表现出了与传统 ASP 完全不同的概念——从单个零售商模型到一组提供者的合作模式.

## 1.2 多对多(many-to-many)模式

多对多(many-to-many)模式<sup>[15]</sup>:以经典的“一对多(one-to-many)”ASP 模型为基础,从客户-服务器发展进化为面向服务的模式:根据交互需求,在同一个应用中,每一个实体既是一个客户又是一个服务提供者.另外,ASP 用户可以把自己的资源提供给所需应用的提供者,作为一种使用这一应用的支付方式.

与“联邦模型”类似,ASP 是基于服务提供者和服务使能者来提供服务的,唯一的不同是:服务消费者的角色消失了,而是以一个网络服务提供者/消费者取代纯消费客户.

本文以多对多模式的 ASP 模型为基础,聚集大量的制造业所需的专业服务,构成组建面向服务虚拟企业的基础,其优势在于能够屏蔽系统间的异构性,并以标准技术支持服务调用,降低应用服务的难度.

## 2 基于多对多模式的伙伴选择策略

一个应用于工程的虚拟组织(VO)应具备的特点是:

- 对象驱动——VO 的构建有特定的目的.
- 时间限定——可以从几天或几周(对企业共同解决一个特定服务问题)到几年.
- 多企业——拥有不同规模、作用、需求和能力的大量伙伴.
- 动态——VO 不被限制在最初的成员规模范围内,在 VO 运作期间伙伴是按需加入和离开的.

从以上虚拟企业构建特点可以看出,第 1 节中提到的多对多模式的 ASP 模型正好满足了构建虚拟企业的基本要求,伙伴请求者和伙伴提供者的角色在不同的阶段可以相互转换.在伙伴选择时利用语义描述,能够使伙伴选择的有效性得到提高.

### 2.1 伙伴选择机制

伙伴选择是自动或手工地发现伙伴逻辑位置的过程,在伙伴选择中涉及的主要角色、实体及其相互间的交互关系如图 1 所示.

- 伙伴提供者:使用相应的描述语言对伙伴进行描述.为了在选择过程中能够充分而准确地利用伙伴提供的信息,要求伙伴提供者使用带语义的描述语言描述自己,如 DAML(DARPA Agent markup language)+OIL(ontology inference layer)<sup>[16]</sup>,这样对于一个特定行业领域,如汽车零部件行业,可以根据伙伴请求者的兴趣和要求进行查找.
- 伙伴请求者:产生一个伙伴请求,即产生一个符合格式要求的查询,这种格式与上面提到的用 DAML+OIL 描述的伙伴一致.
- 伙伴选择器:处理查询,在伙伴目录中查找已经登记的伙伴描述,根据相关的伙伴描述执行查询,给伙伴请求者返回匹配伙伴列表及相关的辅助信息.

在伙伴选择时我们使用了 Naïve Bayesian 分类器,伙伴各属性请专家进行标注(label),各属性的确定具有语义特性.Bayesian 原理的一般表示形式为<sup>[17]</sup>

$$P(Y | X) = \frac{P(Y) \prod_{i=1}^d P(X_i | Y)}{P(X)}$$

在此分类  $Y = \{\text{Partner}, \text{Non\_Partner}\}$ ,属性  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , $X$  表示每一个待选伙伴的描述, $x_i (1 \leq i \leq n)$  表示一个待选伙伴描述中的  $n$  个属性值.

伙伴描述的各个属性间是相互独立的,即一种属性的出现与其他属性是否出现没有必然的联系,这样就可以使用 Naïve Bayesian 分类器进行伙伴的分类:伙伴(partner)和非伙伴(non\_partner).以下是此算法的具体实现:

```
/*对一个新伙伴信息得到其 Partner 概率的 Naïve Bayesian 算法
Naïve_Bayesian Filter(TokensArray,Tokenstable)
```

```

{
Double[] Token_Probabilities          /*每一个标记(token)是 Partner 的概率
Double Default_Probability=0.5      /*默认概率
Double Numerator=1.0
Double Denominator=1.0
/*为每一个标记设置一个是 Partner 的概率
for x=1 to length of TokensArray
  if Token in TokenTable
Token_Probabilities[x]=Partner_Probability/(Non_Partner+Partner_Probability)
  else
    Token_Probability=Default_Probability
/*对每一条伙伴信息用 Naïve Bayesian 计算其是 Partner 的概率
for x=1 to length of Token_Probabilities
  { Numerator=Numerator×Token_Probabilities[x]
    Denominator=Denominator×(1-Token_Probabilities[x])
  }
}
return Numerator/(Numerator+Denominator) /*返回 Partner 概率

```

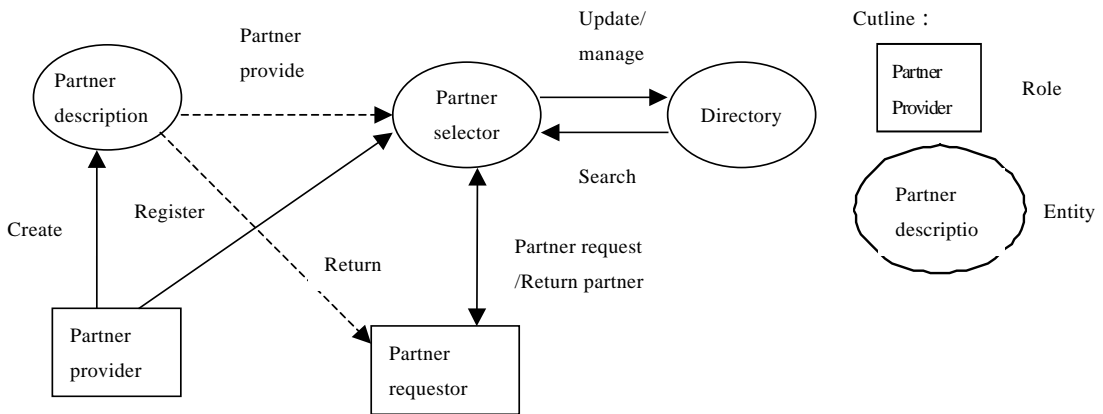


Fig.1 Roles and relations in partner selecting  
图 1 伙伴选择中的角色及其关系

### 3 基于服务组合的虚拟企业组建

在面向服务的架构下,服务与流程有着密切的联系,流程由服务组合而成,而流程本身又可封装为服务.基于流程组织和服务合成,实现跨企业的业务流程快速重组,在虚拟企业模式下完成制造业务.

在广泛的 ASP 服务基础上建立服务注册和发现机制,盟主企业可以通过检索和评价,选择服务和企业伙伴,并组织为跨企业的业务协作流程,形成基于服务的虚拟企业组织,在流程管理的控制下完成虚拟企业模式的业务过程.

#### 3.1 基于服务的虚拟企业组织框架

根据虚拟企业构建和制造业务执行的需求,建立一个基于服务的虚拟企业组织架构,如图 2 所示.

其中的核心部分是基于 SOA 架构的服务集成平台,包括服务集成总线,以及若干相关的功能模块,制造企业中各种异地异构的应用或资源被封装成服务,注册到服务注册中心.

在虚拟企业建模层,提供了业务流程建模、伙伴选择和组织建模等功能组件,根据业务需求建模业务流程,根据流程中的任务需求,依靠服务属性,通过伙伴选择算法确定服务提供商,并动态组建虚拟企业组织.

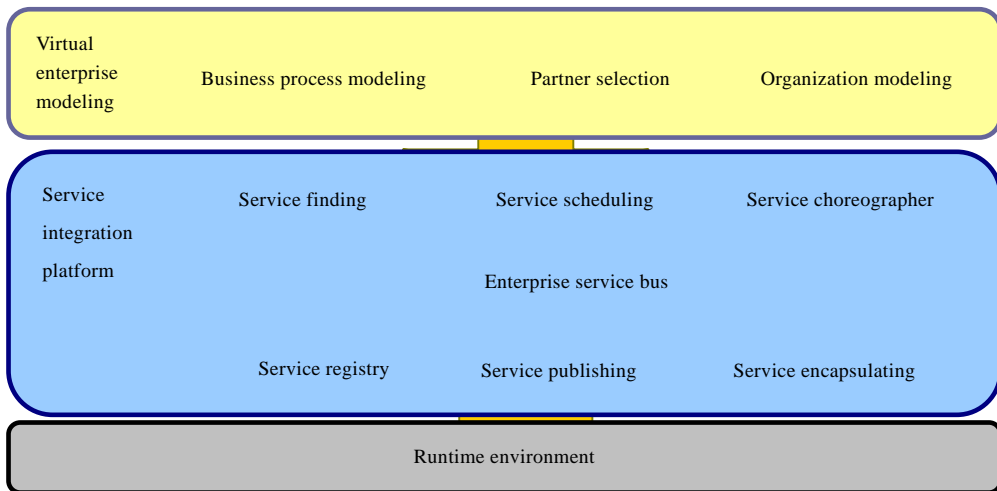


Fig.2 Service oriented VE architecture

图 2 面向服务的虚拟企业建模架构

被选择的服务与流程进行绑定和关联,成为一个新的组合服务.建模最终生成可执行流程的文件.建模阶段完成后,可执行流程文件提交给执行引擎,执行引擎读取并解释它,调用每个任务对应的合作服务,最终完成组合服务的执行,实现协作任务.

### 3.2 基于服务的虚拟企业业务流程

虚拟企业的业务包括组建阶段和执行阶段,由于虚拟企业的动态性,虚拟企业业务的业务过程需要动态的创建,并转入执行过程.当某个企业发现一个合适的市场机遇,而这个机遇往往基于具有时间性、约束性及效益风险性等特征,需要整合其他企业的能力,该企业可以作为盟主利用网络中提供的服务组建动态联盟,其业务流程包括任务分解、服务选择、服务组合、作业执行等,如图 3 所示.

动作 1、2.若干服务提供商将服务发布、注册到 ASP 平台的服务注册中心.

动作 3.盟主企业发现市场机遇,启动动态联盟组建过程.

动作 4.业务分析:一方面,基于自身能力或者经济效益考虑,把任务分解成为若干子任务;另一方面,在业务知识的支持下,根据联盟的目标和任务,确定合作伙伴的能力需求.

动作 5.业务过程建模:根据业务分析结果,参考 workflow 模型库,进行抽象流程建模,设计这个协作任务的流程,包括流程中各个任务的功能和前驱后继关系,生成 workflow 模型.

动作 6.服务评价与选择:针对 workflow 模型里的每一个子任务,根据对每个任务所设定的功能属性,到服务注册中心检索满足要求的服务;并对服务提供商的经过进行评估和选择,将评价结果呈现给盟主,由盟主确定最终服务实例,与这些服务的提供商组成一个针对具体业务的虚拟企业.

服务评价与选择只考虑了服务实例满足子任务的功能需求,在动态联盟建立过程中,还需要服务提供商和盟主之间进行协商,待双方确认后按照 workflow 模型集成起来.同时还需按照一定的规范建立这些 ASP 服务之间的数据接口,从而建立起有若干 ASP 服务组成的动态联盟.

动作 7.组合服务执行与监控:根据 workflow 模型,调用流程运行,通过组合服务引擎,依据流程定义,对业务环节、任务、规则、信息、协作人员等相关要素进行解析和调度.同时调用作业监控,对作业进行监控,通过流程监控实现对流程的监控,在此期间盟主可以定制任务执行状态反馈以及随时查询任务执行情况.

动作 8.组合服务结束:一旦所有服务实例全部执行完毕,即可结束组合服务业务流程的运行.随着组合服务的结束,动态联盟也即解散.

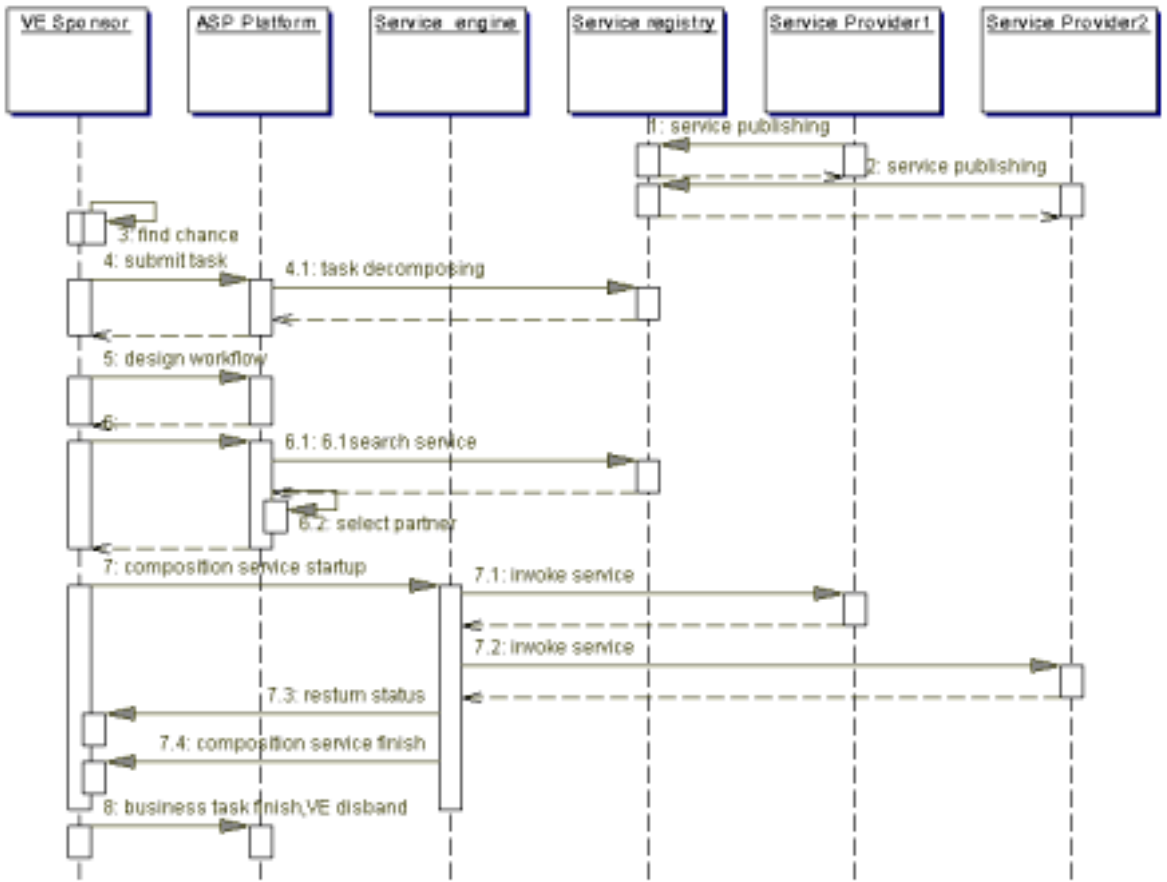


Fig.3 Sequence graph of VE business

图 3 虚拟企业业务顺序图

#### 4 结束语

本文分析和总结了 ASP 模型的进化过程,提出以 ASP 服务为基础,形成面向服务的虚拟企业模型,在此模型基础上建立基于语义的伙伴描述、伙伴选择机制,在伙伴选择时应用 Naïve Bayesian 分类器,在属性确定时考虑其语义的作用,应用于选择决策的自动化,可以适应动态的伙伴选择.提出了面向服务的虚拟企业建模框架,通过检索专业制造服务,并通过流程控制的服务组合方法,由盟主企业和提供专业服务的机构组建虚拟企业,共同完成制造业务.这种建模方法通过以服务方式屏蔽企业间的异构性,并以标准的接口和访问方式实现互操作,可以即时响应业务需求,在业务驱动下快速、灵活地实现虚拟企业的动态组建.

本文提出的方法已经实现了原型系统,并在区域网络化制造平台上加以部署,以支持主机厂与配套企业间协作业务的开展,下一步将在实际应用的基础上优化和改进.

#### References:

[1] Wu NQ, Su P. Selection of partners in virtual enterprise paradigm. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2005,21: 119-132.  
 [2] Gupta P, Nagi R. Flexible optimization framework for partner selection in agile manufacturing. In: Proc. of the Industrial Engineering Research Conf. 1995. 691-700.

- [3] Zhou QM, Yin CB. Rough set approach to partnership selection in formation of virtual enterprises. *Control and Decision*, 2005,20(9):1047–1051 (in Chinese with English abstract).
- [4] Zhang XZ. Partner Selection in virtual enterprise based on trustworthy evaluation. *China Mechanical Engineering*, 2005,16(2): 161–164 (in Chinese with English abstract).
- [5] Luo YY, Wang J, Dai YR. Model-Based research and application of virtual enterprise partner selection. *Computer Application*, 2004,24(1):152–154 (in Chinese with English abstract).
- [6] Du LH, Chen H, Fang YD. Partner selection in agile virtual enterprise based on grey relation analysis. *Computer Application*, 2005,25(2):485–489 (in Chinese with English abstract).
- [7] Endrei M, *et al.* *Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services*. ibm.com/redbooks, 2004. 24.
- [8] Benattallah B, Motahari Nezhad HR. Service oriented computing: Opportunities and challenges. In: *Proc. of the SWDB 2004*. LNCS 3372, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 1–8.
- [9] Tanja F. Feasibility study on the use of the ASP business model for enterprise application software [Ph.D. Thesis]. Braunschweig: Technical University Braunschweig, 2002. [http://groups.haas.berkeley.edu/fcsuit/PDFpapers/DiplomaThesis\\_TanjaFalkowski.pdf](http://groups.haas.berkeley.edu/fcsuit/PDFpapers/DiplomaThesis_TanjaFalkowski.pdf)
- [10] Machiraju V, Rolia J, van Moorsel A. Quality of business driven service composition and utility computing. Technical Report, HPL-2002-66, Software Technology Laboratory, HP Laboratories Palo Alto, 2002. <http://www.hpl.hp.com/techreports/2002/HPL-2002-66.pdf>
- [11] Li JQ, Fan YS. Research on integration platform technology for manufacturing network. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2003,9(3):169–174 (in Chinese with English abstract).
- [12] Colan M. Service-Oriented architecture expands the vision of Web services. 2004 (in Chinese with English abstract). <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/webservices/ws-soaintro.shtml>
- [13] Preist C, Bye A, Bartolini C. Agent-Based service composition through simultaneous negotiation in forward and reverse auctions. Approved for external publication EC-03. In: *Proc. of the 4th ACM Conf. on E-Commerce*. San Diego, 2003.
- [14] Srivastava B, Koehler J. Web service composition—Current solutions and open problems. In: *ICAPS 2003 Workshop on Planning for Web Services (2003)*. 2003.
- [15] Ritrovato P. Grid based application service provision. In: *Proc. of the SLV Workshop*. 2004. <http://www.eu-grasp.net>
- [16] Quellet R, Oqbuji U. Introduction to DAML: Part 1. 2002. <http://www.xml.com/pub/a/2002/01/30/daml1.html>
- [17] Tan PN, Steinbach M, Kumar V. *Introduction to Data Mining*. London: Pearson/Addison Wesley, 2005. 232–233.

#### 附中文参考文献:

- [3] 周庆敏,殷晨波.虚拟企业伙伴选择的粗糙集方法.控制与决策,2005,20(9):1047–1051.
- [4] 张喜征.基于信任评审的虚拟企业伙伴选择.中国机械工程,2005,16(2):161–164.
- [5] 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.计算机应用,2004,24(1):152–154.
- [6] 杜来红,陈桦,房亚东.基于灰色关联分析的敏捷虚拟企业伙伴选择.计算机应用,2005,25(2):485–489.
- [11] 李建强,范玉顺.制造网络集成平台技术研究.计算机集成制造系统-CIMS,2003,9(3):169–174.
- [12] Colan M. 面向服务的体系结构扩展 Web 服务的前景.2004. <http://www-900.ibm.com/developerWorks/cn/webservices/ws-soaintro.shtml>



崔巍(1966 - ),女,山东烟台人,博士生,副教授,主要研究领域为制造网络,虚拟企业建模.



刘士军(1972 - ),男,讲师,博士,主要研究领域为服务计算,CIMS,网络化制造,制造网络.



孟祥旭(1962 - ),男,教授,博士生导师,主要研究领域为人机交互与虚拟现实,计算机图形学与图像处理,CAD/CAM/CIMS,网络计算.