

文章编号:1000-582X(2012)09-048-08

# 服务型制造模式下资源服务共享模型设计与分析

郭 钢<sup>a</sup>, 杨 娟<sup>a</sup>, 张 毅<sup>b</sup>, 董元发<sup>a</sup>

(1. 重庆大学 a. 机械学院; b. 软件学院, 重庆 400044)

**摘 要:**针对先进制造模式服务型制造, 构建了面向服务型制造模式的云服务资源共享模型。在分析服务型制造资源特征基础上, 提出了云服务资源和云服务平台资源池概念, 通过服务资源统一建模、服务资源匹配、服务资源优化, 实现了制造资源服务化和过程服务化。采用本体方法对云服务资源进行分类描述, 利用语义和向量距离分类算法实现制造资源智能搜索。最后, 以 PLM 软件资源为例对以上模式及实现关键技术进行试验验证。理论分析和实验结果表明所提出的服务资源共享模型能满足新型的服务型制造模式的要求。

**关键词:**服务型制造; 云服务; 资源服务共享模型; 面向服务; 制造

**中图分类号:**TH166

**文献标志码:**A

## Design and analysis of the manufacturing resource service sharing model based on the service-oriented manufacturing paradigm

GUO Gang<sup>a</sup>, YANG Juan<sup>a</sup>, ZHANG Yi<sup>b</sup>, DONG Yuanfa<sup>a</sup>

(a. College of Mechanics; b. College of Software Engineering, Chongqing University, 400044, China)

**Abstract:** The service-oriented manufacturing paradigm is a new advanced manufacturing paradigm. In order to support it, a cloud service resource sharing model for service-oriented manufacturing is proposed. Based on the analysis of the features of manufacturing resource under the service-oriented manufacturing, concepts of cloud service resource and cloud service resource pool are defined, then service-oriented manufacturing resource and service-oriented process are realized through resource unified modeling, resource matching and resource optimization. The cloud service resources are classified by ontology method, then semantic and vector distance algorithm are adopted for intelligent search. Finally, service mode and realization technology are verified through a PLM soft resource application case. Theoretical analysis and experimental results suggest that the proposed resource service sharing model can meet the requirements of the service-oriented manufacturing.

**Key words:** service-oriented manufacturing; cloud service; resource service sharing model; service oriented; manufacture

全球化生产体系<sup>[1]</sup>和产品客户定制<sup>[2]</sup>改变了制造业的竞争模式和生存方式, 服务化或服务增强已成为当今世界制造业的发展趋势之一。服务在现代

制造业中扮演越来越重要的作用<sup>[3]</sup>; 服务和产品一起集成到产品服务系统中为客户提供完整的解决方案; 企业更加专注于自己所擅长的, 同时为其他企业

收稿日期: 2012-04-18

基金项目: 国家 863/CIMS 主题资助项目(2007AA04Z1B1); 重庆市教委科学技术研究项目(KJ22104)

作者简介: 郭钢(1960-), 男, 重庆大学教授, 博士生导师, 主要从事制造业信息化建设、协同设计、协同制造和制造服务管理研究, (E-mail)cqguogang@163.com。

提供产品服务。服务业与制造业之间的相互渗透和相互影响将越来越明显,并已形成了相互依存、共同发展的关系。根据德勤对世界500强的调查,全球顶级制造业公司2005年的收入一半以上来自服务,全球著名制造企业(如IBM、GE、HP、DELL等)均在由制造逐步向服务领域拓展<sup>[4]</sup>。而2006年的数据表明,针对全球顶级制造业企业的研究,成品在顶级企业的销售收入比重仅占30%左右(根据行业不同有所变化),而服务及零配件业务的比重超过70%<sup>[5]</sup>。

从国外文献来看,对于服务业和制造业融合的研究开始于20世纪90年代后期,主要对服务化的概念、服务化的演变阶段、服务化的动力与障碍、服务化的环境效应及服务化的转变因素作了研究<sup>[6-7]</sup>。从国内文献来看,主要从概念及体系结构<sup>[8-9]</sup>和运营模式及实施模式<sup>[10-11]</sup>方面研究。西安交通大学孙林岩、上海交通大学江志斌、清华大学郑力等将这种制造业与服务业相融合的新型制造称为服务型制造(service-embedded manufacturing, SEM)<sup>[12]</sup>。服务型制造是制造与服务相融合的新产业形态,是新的先进制造模式。服务型制造是为了实现制造价值链中各利益相关者的价值增值,通过产品和服务的融合,客户全程参与,企业相互提供生产性服务和生产性服务,实现分散化制造资源的整合和各自核心竞争力的高度协同,达到高效创新的一种制造模式。它是基于制造的服务,是为服务的制造。服务型制造从价值、组织方式、组织模式及运作模式上,具有和以往各类制造方式显著不同的特点<sup>[13]</sup>:强调由传统的产品制造为核心,向提供具有丰富服务内涵的“产品系统”的转变,直至为顾客提供整体解决方案;由传统制造以产品为核心转向以人为中心,强调客户、作业者的认知和知识的感知、发现和融合,通过有效挖掘参与主体的需求,确定企业在“产品系统”的定位,实现个性化生产和服务;覆盖范围虽然超越了传统的制造及服务的范畴,但是它并不去追求纵向的一体化;服务型制造强调主动性服务。上述研究表明服务制造网络具有复杂性、动态性、协同性和智能型,同时服务型制造资源也具有新的特征,如内容扩展性、相对独立性、异构性、动态性和服务化。

对于服务型制造模式推广和应用的相关研究主要集中在云服务制造平台、框架及关键技术<sup>[14-17]</sup>。由于服务型制造所提供的资源服务类型、数量、能力、使用方式与以往制造模式都有很大区别,解决资源服务共享问题成为其应用推广和发展的关键。鉴于此,笔者在云服务制造的研究基础上,给出了服务

型制造资源、服务型制造资源颗粒、服务型制造资源池、云服务资源和云服务平台的资源池概念,提出了服务型制造资源共享模型,为提高云服务资源的查全率和查准率,采用语义与向量相结合的算法实现资源的模糊查找和精确查找。

## 1 服务型制造资源模型

服务型制造模式是全球化生产、大规模客户定制和专业分工的必然发展,面向客户服务的产品生命周期服务使得制造价值链延长,精细化的专业分工使得企业更专注于自己的核心业务。制造资源(服务)是服务型制造的核心和必要条件,而服务型制造中的资源或服务可根据资源使用者(服务使用者)的应用请求,动态、灵活地为资源使用者(服务使用者)提供服务;服务使用者能够动态按需地使用各类应用服务,并能实现多主体的协同交互。为此笔者建立了一个能够满足服务型制造要求的服务型制造资源模型,如图1所示。

### 1.1 服务型制造资源相关定义

**定义1** 服务型制造资源(service resource, SR)是产品整个生命周期过程中所涉及的各种服务资源的总和,包括各种有形的、无形的和附加的服务资源,它包括资源静态属性(资源ID、资源名称、资源类型、资源描述、资源的几何特征等)和资源动态属性(资源能力、资源约束关系、资源服务状态、资源供应商)。

**定义2** 服务型制造资源颗粒(service resource grain, SRG)是指完成某一服务所需要的资源,由特征属性及属性值表示。

**定义3** 服务型制造资源池(service resource pool, SRP)是指包括来自不同产品生命周期所需要的各种资源服务,由各种SRG构成,能提供一定数量有条件和有限的目标资源。

**定义4** 基于云服务的资源(cloud service resource, CSR)不仅具有定义1所描述的属性,还包括云服务属性、功能属性和非功能属性。功能属性包括服务ID、服务名称、服务来源、服务类型(即时服务、非即时线上服务及线下服务)、服务描述,非功能属性包括服务质量、服务成本(服务收费标准)、服务安全、服务方式(私有服务、公共服务、独占私有服务及共享私有服务)。

**定义5** 基于云服务平台的资源池(cloud service resource pool, CSR)由CSR构成目标资源,能主动参与服务型制造网络的协作活动中,同时具有云计算的“标准化”、“自动化”、“虚拟化”特征<sup>[18]</sup>。

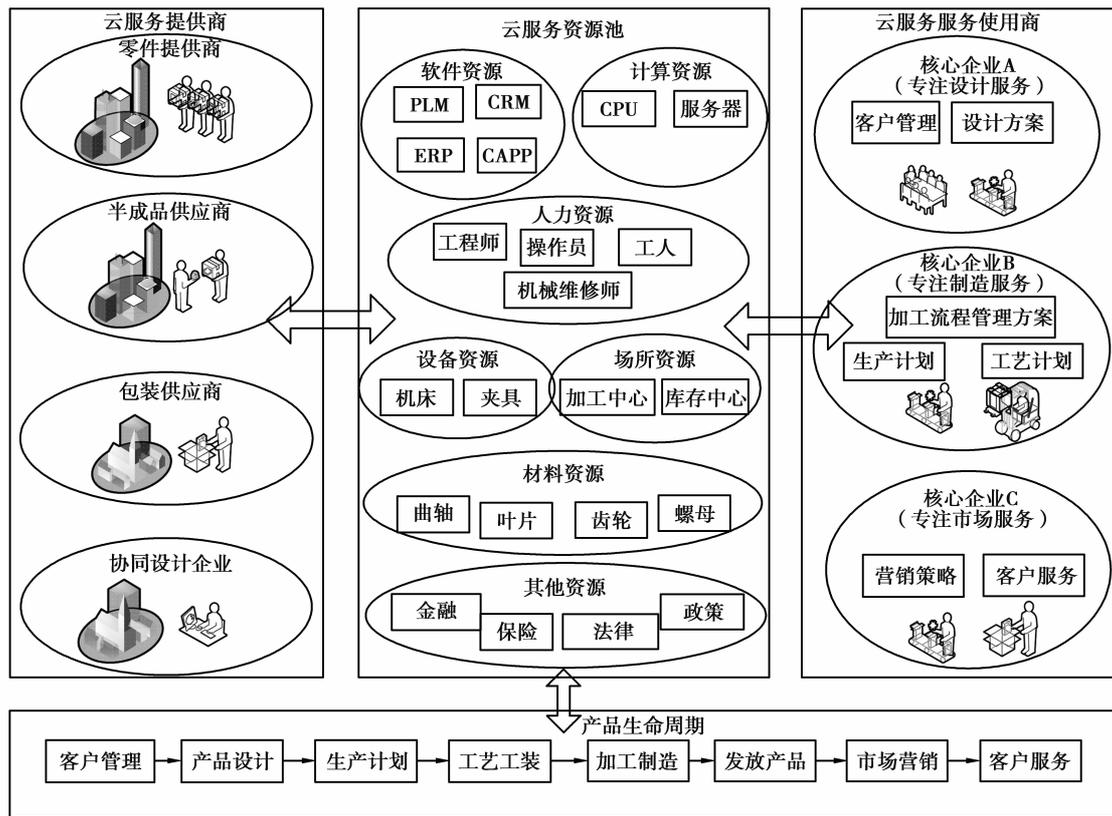


图 1 服务型制造资源模型

## 1.2 服务型制造资源特征描述

### 1.2.1 资源结构特征

服务型制造资源结构特征从图 1 和定义 4 可以看出具有层次的矩阵结构,描述公式为

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$D_{r_{ij}} = (A_1, A_2, \dots, A_n), \quad (2)$$

$$T_{r_{ij}} = (t_1, t_2, \dots, t_n). \quad (3)$$

式中:  $R$  表示服务资源池 CSRP;  $r_i$  表示第  $i$  个资源组;  $r_{ij}$  表示第  $i$  个资源组的第  $j$  个资源颗粒 SRP;  $D_{r_{ij}}$  表示  $r_{ij}$  描述属性集合;  $A_i$  表示  $r_{ij}$  的第  $i$  个描述属性;  $T_{r_{ij}}$  表示  $r_{ij}$  特征属性集合,  $t_i$  表示第  $i$  个特征。如图 1 资源池中,  $r_1$  指软件资源(可运行于云平台);  $r_{11}$  指 PLM 软件资源, 描述属性如资源 ID、软件名称、软件类型、软件描述、软件供应商名称、软件服务状态、设计者技术水平、软件约束关系、软件主要功能、软件价格、软件服务方式、应用特征描述及交易特征描述。其特征属性包括软件名称、软件版本、软件运行环境、软件主要功能及软件价格等。

### 1.2.2 资源应用特征

服务型制造资源应用特征指基于云平台的使用

方式,主要有以下几种:线上租用、下载租用(用户许可控制)、线上交易线下使用。

### 1.2.3 资源交易特征

服务型制造资源交易特征指资源使用后的交易方式,主要有以下几种:悬赏交易、撮合交易、招标、长期合同分期执行、维修服务合同、比价采购等。

## 2 服务型制造资源共享模型

云服务制造资源共享模型由云服务提供商、云服务资源、云服务使用商共同构成,如图 2 所示。云服务提供商指提供各种服务的供应商,如零件供应商、协同设计供应商、协同制造供应商、包装供应商及物流供应商等。云服务使用商指使用各种服务的企业。云服务资源包括以下 4 类:1)公共云资源是指企业所提供的面向互联网的公共服务,数据中心在云平台,任何企业都能通过云平台访问。2)私有云资源是指企业所提供的面向企业自己所有的服务,数据中心在企业内部,除了自己以外的任何企业不能访问。主要包括自行维护、运行维护外包及外部托管几种方式。自行维护指基础资源在企业数据中心内部,运行维护也由企业自己承担;运行维护外包指基础资源仍然在企业数据中心内部,运行维护

外包给服务商;外部托管指基础资源位于服务商的数据中心内,企业通过云平台访问云资源。3)独占私有云资源是指企业所提供的面向企业自己的服务,数据中心在云平台,相关的资源由企业独占使

用。4)共享私有云资源是指企业所提供的面向多个企业的服务,数据中心在云平台,相关的资源由多个企业共同使用。

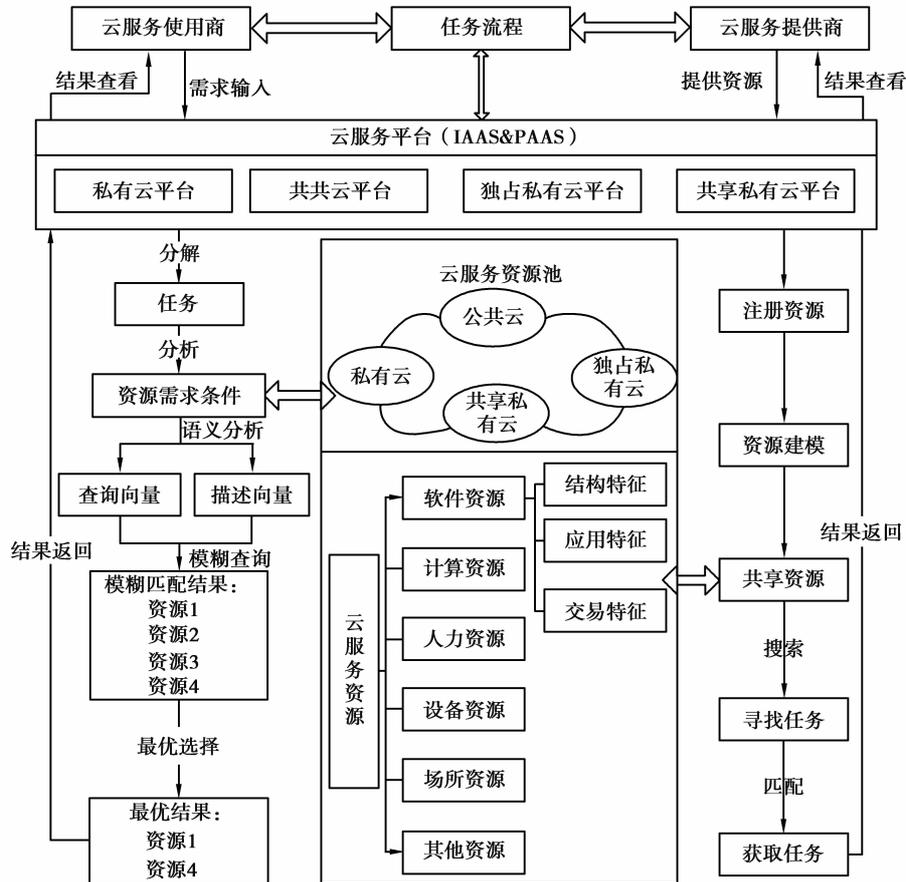


图2 服务型制造资源共享模型

### 2.1 云服务使用商的处理流程

云服务使用商可以根据需求寻找资源使得云服务提供商被动获取任务,主要包括3个步骤。

#### 步骤1 需求任务分解处理。

任务是需求描述的集合,  $T = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ ; 而需求描述是由各种限制条件所定义的,  $D = \{d|C\}$ ,  $C$  为  $d$  的各种限制条件; 限制条件  $C$  包含各种任务类型、任务配置及各种匹配条件等。根据条件确定所需要的服务类型  $S = \{\text{私有}, \text{公共}, \text{独占私有}, \text{共享私有}\}$ , 从而进入应有的服务平台进行任务分解; 对任务  $T$ 、条件  $D$ 、服务类型  $C$  进行分析, 从而得出云服务资源需求。

#### 步骤2 任务与资源匹配。

任务与资源匹配包含两个阶段, 模糊查找和最优查找。模糊查找过程中, 若发现该任务的配置条件包含指定的服务商信息, 可以根据任务的配置条

件、资源需求, 直接将任务与云服务资源建立关联关系; 在匹配过程中, 若发现该任务的配置条件中未包含指定的服务商信息, 则需要根据各种任务约束条件并对资源需求进行语义分析, 在平台中搜索最佳的服务商, 若还是未找到可通过指定方式完成。最优查找是指在模糊匹配集中, 根据资源能力和成本进行择优选择, 得出最优资源。此时, 将任务与云服务资源提供商建立关联关系。

#### 步骤3 发布任务包。

获取与任务建立关联关系的服务商信息, 组合成服务包, 如供应服务包、设计服务包、制造服务包和销售服务包等。服务包打包在任务配置包中形成任务包反馈给服务使用商, 同时发布给世界各地的服务供应商, 提出资源需求。

### 2.2 云服务提供商处理流程

云服务提供商通过云服务平台进行资源注册,

统一建模形成共享资源,建立服务资源池,同时接受平台任务和主动获取平台任务。主要包含以下 3 个步骤。

#### 步骤 1 建立云服务资源知识库。

根据制造领域相关知识和云服务平台资源需求,构建云服务资源知识库,整理各种资源,如设计资源、制造资源及软件资源等。根据资源类型确定服务类型  $S = \{\text{私有、公共、独占私有、共享私有}\}$ 。

#### 步骤 2 注册云服务资源。

若为公共资源,则通过公共云平台注册资源,供所有企业访问;若为私有资源,则通过私有平台注册资源,供自身企业访问,数据中心保存于企业;若为独占私有资源,则通过独占私有平台注册资源,数据中心保存于平台,但只能为自己企业访问;若为共享私有资源,则通过共享私有平台注册资源,供多个企业访问。

#### 步骤 3 接收平台任务。

接收平台任务分为两种,一种是主动接收,另一种是被动接收。被动接收是服务使用商通过平台发布而来的任务;主动接收是指企业根据当前资源的闲置及能力情况,主动去搜索任务。

### 3 资源共享下任务与资源的匹配过程

根据制造资源共享模型描述,采用简单向量距离分类法<sup>[19]</sup>和语义相结合的算法来实现制造资源智能搜索。该算法通过对查询属性和制造资源描述属性语义分析、向量匹配和比较,从而提高制造资源的查全率和查准率。实现步骤如下。

#### 步骤 1 资源本体描述。

本体论是对同一领域内共享概念及关系其关系的明确的形式化定义<sup>[20]</sup>。制造资源本体描述共享组织内各类资源服务的类型、属性、状态和能力,反映各组织在供应、设计、制造过程<sup>[21]</sup>、销售及维护等各种服务方面的能力。

制造资源本体是一个多元组  $S = \{N, R, A, C, X, I, L\}$ ,其中  $N$  是制造资源的概念或类的集合; $R$  是概念间关系集,包括概念间的层次关系、包含关系、等价关系、满足关系和相离关系; $A$  是概念属性集; $C$  是值约束集; $X$  是特殊集,表示不相交描述; $I$  是实例集,实例表示的就是对象和个体; $L$  是对象间逻辑关系的规定集。

#### 步骤 2 资源向量语义分析。

根据公式(1),资源向量表示为  $V = [R_1, R_2, \dots, R_n]$ ,其中  $R_i$  表示第  $i$  类资源对象分向量,且满

足  $B = NURUAUCUX$ 。

根据公式(2),资源描述中心向量表示为  $P = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ,其中  $P \in R_i$ , $A_i$  表示权重较大的属性,其顺序分别按照权重大小排列。

根据公式(3),资源查询向量表示为  $Q = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$ ,利用分词法和属性权重重新分解查询语句,其中  $T_i$  表示为查询特征向量,文献<sup>[19]</sup>提供了特征向量的抽取算法,其顺序分别按照权重大小排列。

权重集合是按照各查询词的重要性分配权重,表示为  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$ ,其中  $W_i$  为第  $i$  个特征项或查询词的权重。

#### 步骤 3 资源向量匹配。

分别对资源描述向量和资源查询向量每一分量进行匹配,规则如下:

- 1) if  $A_i = T_i$ , 则权重系数  $K_i = 1$ ;
- 2) if  $T_i$  满足  $A_i$ , 则  $K_i = K_m < 1$ ;
- 3) if  $T_i$  包含  $A_i$ , 则  $K_i = K_c < 1$ ;
- 4) if  $T_i$  与  $A_i$  完全相离, 则  $K_i = 0$ ;

#### 步骤 4 资源候选集获取。

根据文献<sup>[19]</sup>,向量距离计算如公式为

$$\text{Sim}(P, Q) = \frac{\sum_{k=1}^n K_i \times W_i}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^n W_i^2\right)}} \quad (4)$$

确定本类资源阈值,根据公式(4)计算出的向量距离,若大于阈值则符合目标的候选查询集  $D = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$ ,否则未找到满意的查询集。

#### 步骤 5 资源最优集获取。

在候选集  $D$  中,根据约束条件即成本 Cost 和完成任务资源处理时间 Time 进行再次匹配,使其满足目标函数  $\text{Min}(\text{Cost} \vee \text{Time})$  最小,得到最优集  $O = \{D_2, D_4, \dots\}$ ,其中  $O$  集合个数小于集合  $D$  个数。

## 4 服务型制造资源共享模型的实例分析

在制造业中,软件资源为制造工业的自动化起到了巨大的推动作用,是重要的制造资源。笔者以 PLM 软件资源为应用实例进行分析,验证所提出的资源共享模型,并为设备资源、人力资源、计算资源及服务资源等制造资源提供依据和参考。

步骤 1 根据本体编辑工具 Protégé 构建共享资源本体,如图 3 显示共享资源本体层次结构。

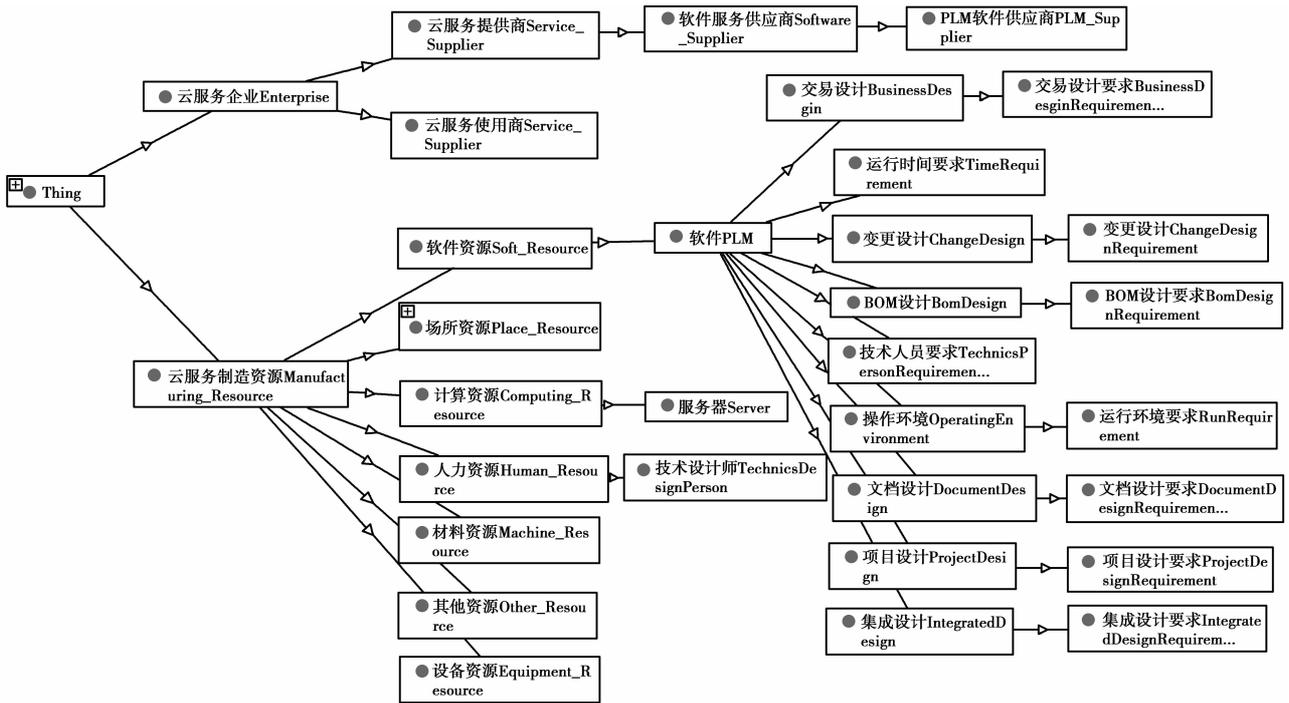


图 3 共享资源本体层次结构

步骤 2 根据 S 定义、B 约束条件和资源本体，产生 PLM 软件本体实例 B PLM，进入共享资源库，如下描述。

PLM(TC, WC, UF\_PLM, KD\_PLM)

PLM\_Supplier(DS, PTC, UF, KD)

IntegratedDesign ( SolidworksIntegrated, ProEIntegrated, AutoCADIntegrated, ProteleIntegrated)

DocumentDesign(3D CAD, 2D CAD, E CAD)

BusinessDesgin ( RewardTrading, MatchingTransaction, Tender, RunConsecutively, Contracts, ParityPurchasing)

UseDesgin ( OnlineRental, DownloadRental, OfflineUse)

is-design(SolidworksIntegrated, 3D CAD)

is-design(ProEIntegrated, 3D CAD)

is-design(AutoCADIntegrated, 2D CAD)

is-design(ProEIntegrated, E CAD)

is-design(TC, SolidworksIntegrated)

is-design(WC, ProEIntegrated)

is-design(UF, AutoCADIntegrated)

is-design(UF, ProEIntegrated)

is-design(UF, SolidworksIntegrated)

is-design(UF, ProEIntegrated)

is-design(TC, MatchingTransaction)

is-design(TC, Tender)

is-design(TC, OnlineRental)

is-design(UF\_PLM, RunConsecutively)

is-design(UF\_PLM, Contracts)

is-design(UF\_PLM, OnlineRental)

is-design(UF\_PLM, OfflineUse)

is-madeBy(TC, DS)

is-madeBy(WC, PTC)

is-madeBy(UF\_PLM, UF)

is-madeBy(KD\_PLM, KD)

is-about(Teamcenter, SolidworksIntegrated)

步骤 3 服务使用商通过服务平台提出服务需求，即输入查询语句“PLM 具有文档管理功能，且能保存 3D 图片，同时支持 Solidworks 与 PLM 双向集成，能够下载租用文档管理模块，满足以上条件的 PLM 厂商以及厂商名称、联系地址”。

查询向量分析后，依次为 { PLM, DocumentDesign, SolidworksIntegrated }，即查询对象为 PLM，具有文档管理和 Solidworks 集成功能，满足以上条件的 PLM 厂商，并获取厂商相关信息。

在平台共享资源库中，PLM 资源属性如表 1，其描述向量多个实例的多维矩阵，如部分描述向量表示为{(TC, WC, UF\_PLM, KD\_PLM), (DS, PTC, UF, KD), (1, 0, 1, 0), ( Desgineengineer, engineer, engineer, eginer ), (( ProjectDesign ), ( ProjectDesgin, DocumentDesign, IntegratedDesgin ), ( ProjectDesign, DocumentDesign, BOMDesign, IntegratedDesgin ), (ProjectDesign))...}。

去掉描述属性多余的描述向量，即只比较软件名称和软件功能，分别设置权重。

表 1 PLM 的资源属性

属性类别	属性值	属性描述
结构特征	id	资源 ID
	name	软件名称
	version	软件版本
	description	软件描述
	providerID	软件服务商名称
	resourceStatus	软件服务状态
	technicsDesignPerson	设计者技术水平
	constraintRelations	软件约束关系
应用特征	function	软件主要功能(文档管理、BOM 管理、项目管理、变更管理、系统集成)
	Cost serviceMethod	软件价格,主要是根据应用特征和交易特征付费服务方式(私有服务、公共服务、独占私有服务、共享私有服务)
	onlineRental	线上租用
	downloadRental	下载租用
交易特征	offlineUse	线上交易,线下使用
	RewardTrading	悬赏交易
	MatchingTransaction	撮合交易
	Tender	招标
交易特征	RunConsecutively	长期合同,分期执行
	Contracts	维修服务合同
	ParityPurchasing	比价采购

**步骤 4** 模糊匹配。根据 PLM 本体实例库和匹配算法,得到模糊集{TC,UF\_PLM}。

**步骤 5** 最优解。在需求中,客户要求能够下载租用文档管理模块,在模糊集中再次求解得到最优解 UF\_PLM,即 UF 厂商所提供的 PLM 软件能够满足需求。

## 5 结 语

考虑资源管理对服务型制造的重要影响,笔者在云制造的基础上,提出了服务型制造资源共享模型,从而实现制造资源与需求任务的快速匹配模式。分别对服务型制造资源模型、相关定义和特征进行了研究,并从云服务使用商和云服务提供商的角度对资源共享流程进行了分析。在此基础上,采用简单向量距离分类法和语义,实现服务型制造资源智

能搜索,为服务型制造资源的有效规划和管理提供支持。实际上,服务型制造模式具有庞大的数据资源,如何运用数据挖掘和数据仓库技术,主动从大量共享资源池中发现有用的潜在信息,并转化为有用知识,以便更有效地支持资源规划和管理,是进一步研究的问题。

### 参考文献:

- [1] Coe N, Dicken P, Hess M. Global production networks: realizing the potential [J]. *Journal of Economic Geography*, 2008, 8(3):271-295.
- [2] Tuck C J, Hague R J M, Ruffo M, et al. Rapid manufacturing facilitated customization [J]. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2008, 21(3): 245-258.
- [3] Gao J, Yao Y L, Zhu V C Y, et al. Service-oriented

- manufacturing: a new product pattern and manufacturing paradigm [J]. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2011, 22(3): 435-446.
- [4] 冯泰文,孙林岩,何哲,等. 制造与服务的融合:服务型制造[J]. *科学学研究*, 2009, 27(6): 837-845.  
FENG Taiwen, SUN Linyan, HE Zhe, et al. The convergence of service and manufacturing: service-embedded manufacturing paradigm [J]. *Studies in Science of Science*, 2009, 27(6): 837-845.
- [5] 何哲,孙林岩,贺竹馨,等. 服务型制造的兴起及其与传统供应链体系的差异[J]. *软科学*, 2008, 22(4): 77-81.  
HE Zhe, SUN Linyan, HE Zhuqing, et al. Trend of service; manufacturing and differences between service-manufacturing network and SCM [J]. *Soft Science*, 2008, 22(4): 77-81.
- [6] Quinn J B. *Intelligent enterprise: a knowledge and service based paradigm for industry*[M]. New York: The Free Press, 1992.
- [7] Olivia R, Kallenberg R. Managing the transition from products to services [J]. *International Journal of Service Industry Management*, 2003, 14(2): 160-172.
- [8] 齐二石,石学刚,李晓梅. 现代制造服务业研究综述[J]. *工业工程*, 2010, 13(5): 1-7.  
QI Ershi, SHI Xuegang, LI Xiaomei. Survey of research advancement on modern manufacturing services [J]. *Industrial Engineering Journal*, 2010, 13(5): 1-7.
- [9] 林文进,江志斌,李娜. 服务型制造理论研究综述[J]. *工业工程与管理*, 2009, 14(6): 1-6.  
LIN Wenjin, JIANG Zhibin, LI Na. A survey on the research of service-oriented manufacturing [J]. *Industrial Engineering and Management*, 2009, 14(6): 1-6.
- [10] 石宇强,吴双. 网络支持下的服务型制造模式研究[J]. *制造业自动化*, 2009, 31(3): 29-31.  
SHI Yuqiang, WU Shuang. Research on model of service-oriented manufacturing based on grid [J]. *Manufacturing Automation*, 2009, 31(3): 29-31.
- [11] 张旭梅,郭佳荣,张乐乐,等. 现代制造服务的内涵及其运营模式研究[J]. *科技管理研究* 2009, 29(9): 227-229.  
ZHANG Xumei, GUO Jiarong, ZHANG Lele, et al. Research on the connotation and operation mode of modern manufacturing service industry[J]. *Science and Technology Management Research*, 2009, 29(9): 227-229
- [12] 孙林岩,李刚,江志斌,等. 21世纪的先进制造模式:服务型制造[J]. *中国机械工程*, 2007, 18(19): 2307-2312.  
SUN Linyan, LI Gang, JIANG Zhibin, et al. Service-embedded manufacturing: advanced manufacturing paradigm in 21st century [J]. *China Mechanical Engineering*, 2007, 18(19): 2307-2312.
- [13] 李刚,孙林岩,李健. 服务型制造的起源、概念和价值创造机理[J]. *科技进步与对策*, 2009, 26(13): 68-72.  
LI Gang, SUN Linyan, LI Jian. Origin, conception and value creation of service-embedded manufacturing[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2009, 26(13): 68-72.
- [14] Li B H, Zhang L, Wang S L, et al. Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2010, 16(1): 1-8.
- [15] Xun X. From cloud computing to cloud manufacturing[J]. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 2012, 28: 75-86.
- [16] Luo Y L, Zhang L, He D J, et al. Study on multi-view model for cloud manufacturing [J]. *Advanced Manufacturing Research*, 2011, 201/202/203: 685-688.
- [17] Yin C, Huang B Q, Liu F, et al. Common key technology system of cloud manufacturing service platform for small and medium enterprises [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2011, 17(3): 495-503.
- [18] Zhang S F, Zhang S, Chen X B, et al. Analysis and research of cloud computing system instance [C]// *Proceedings of the 2010 Second International Conference on Future Networks*, January 22-24, Sanya, Hainan, China. Piscataway, N. J., USA: IEEE Press, 2010: 88-92.
- [19] 庞剑锋,卜东波,白硕. 基于向量空间模型的文本自动分类系统的研究与实现[J]. *计算机应用研究*, 2001, 18(9): 23-26.  
PANG Jianfeng, BU Dongbo, BAI Shuo. Research and implementation of text categorization system based on VSM[J]. *Application Research of Computers*, 2001, 18(9): 23-26.
- [20] Studer R, Decker S, Fensel D, et al. Situation and perspective of knowledge engineering[M]// Cuena J. *Knowledge engineering and agent technology*. Netherlands: IOS Press, 2004: 237-252.
- [21] 雷琦,潘立伟,宋豫川. 面向车间制造过程的知识管理运行模式及支撑技术[J]. *重庆大学学报*, 2011, 34(3): 38-43.  
LEI Qi, PAN Liwei, SONG Yuchuan. Knowledge management operation mode and supporting technology for manufacturing process of workshop[J]. *Journal of Chongqing University*, 2011, 34(3): 38-43.