

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2016.02.011

云制造环境下设计需求与服务匹配模式算法

杨娟^{1,2}, 吴科宏²

(1.重庆工程职业技术学院 信息工程学院, 重庆 400037; 2.重庆大学 计算机学院, 重庆 400030)

摘要:针对云制造环境下设计需求与设计服务的特性,构建含有属性集、关系集和操作集的设计需求与设计服务数据结构。建立一种云制造环境下的设计需求与设计服务输入、分解、组合和输出匹配模式,研究了该模型的原子匹配、扩展匹配和产品匹配。针对匹配过程中输入、分解、组合和输出量化问题,采用语义概念相似度和循环递归设计结构匹配算法实现设计需求与设计服务智能匹配。最后,通过实验验证,表明该模式与算法的有效性和可行性。

关键词:云制造;设计需求;设计服务;匹配;语义相似度

中图分类号:TH166

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2016)02-082-07

A matching model algorithm of design requirements and design services for cloud manufacturing

YANG Juan^{1,2}, WU Kehong²

(1.Department of Information Engineering, Chongqing Vocational Institute of Engineering, Chongqing 400037, P. R. China; 2. College of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: According to the diverse, dynamic, multi-restrictive and multi-level characteristics of design requirements and design services under the environment of cloud manufacturing, we proposed a new kind of data structure definition for design requirements and design services, which contains attribute sets, relationship sets and operation sets. Based on this, we established a design requirement and design service matching model with input, decomposition, combination and output. The model matching processes include atom matching, extension matching and product matching. To solve the quantitative problems of input, decomposition, combination and output in matching processes, we adopted semantic similarity and circulating recursive structure to design a matching algorithm to realize intelligent matching. We verified the effectiveness and feasibility of the proposed model and the key implementation technologies through experiments.

Keywords: cloud manufacturing; design requirement; design service; matching; semantic similarity

现代制造业专业化分工越来越细,工业设计呈现出新的特点,一方面越来越多的制造企业将内部某些设计活动交给更专业的服务商来完成,从而专注于自身核心业务,快速、高质和低成本地生产市场所需的产

收稿日期:2015-08-12

基金项目:科技部“十二五”科技支撑计划(2012BAH32F04);重庆工程职业技术学院资助项目(KJB201311)。

Supported by National Key Technology Research and Development Program of the Ministry of Science and Technology of China(2012BAH32F04)and The Reseach Project of Chongqing Vocation Institute of Engineering (KJB201311).

作者简介:杨娟(1980-),重庆大学博士研究生,主要从事先进制造模式研究,Tel(18523891227);(E-mail)doveqkl@hotmail.com。

品^[1-3],这些促成了庞大的设计需求商。另一方面,ODM(original design manufacturer)代工产业迅速崛起产生了大量的设计代工企业,这些促成了庞大的设计服务商^[4-5]。设计需求商与设计服务商之间是跨企业、跨区域甚至跨国界的协同设计方式,这已逐渐成为中国工业设计的重要组成部分之一。对于设计需求商而言,如何在更大范围有效快速发现既可信又能满足需求的设计服务,以提高企业生产制造能力;对于设计服务商而言,如何将自己设计能力最大化利用,以提高企业资源服务利用率,是当前广大制造业企业迫切需要解决的重要问题之一。

云制造是一种利用网络和云制造服务平台,按用户需求组织网上制造资源,为用户提供各类按需制造服务的网络化制造新模式^[6-10]。云制造思想为集聚海量设计需求商和设计服务商提供了可能,为更大范围的协同设计提供了平台;另一方面,云制造也是一个超级大的异构系统,因此设计需求与设计服务标准形式化定义是研究基础,设计需求与设计服务智能匹配是研究的关键技术之一。近年来,许多学者从不同角度和不同抽象层建立了云制造下服务模型,主要采用基于 Web 服务本体描述语言(web ontology language for service,OWL-S)^[11-13]。文献[12]从制造服务的资源构成、基本信息、功能和非功能视角描述了支持虚拟企业制造服务描述模型,实现了基于 OWL-S 的模型语义描述。文献[13]从加工服务分类,用描述逻辑建立制造加工知识之间的关系及其约束公理,运用 Web 本体语言 OWL-DL 实现制造加工服务规范描述。在设计需求与设计服务智能匹配领域,国内外有专家和学者进行了一些深入研究^[14-21]。文献[14-15]提出了基于网格制造的语义资源匹配模式。文献[16-18]提出了网络化制造服务匹配模式。文献[19-21]从云制造背景下,实现了基于 OWL-S 的制造服务匹配模式。

综合已有文献和设计服务现状发现:1)现有的模型和技术解决了云制造环境下企业协同过程中服务共享与交互问题,发布的需求和服务一般包括基本属性、功能属性和非功能属性。但是实际过程中需求和服务并非一对一的关系,需求方仍然需要依靠人工搜索、分析和匹配服务,这样既不能保证服务匹配的查全率和准确性,又不支持协同业务的快速构建。2)设计服务有别于制造服务中的其他服务,更加具有动态、多样和细分性。目前的服务匹配模式中需求粒度和服务粒度太大以至于不能有效快速匹配。3)目前服务描述大多采用 OWL-S 语言实现,OWL-S 可以解决标准化问题,但是它描述的是语义 Web 服务上层本体,不支持推理。实际应用中需要将其描述的服务转换成其下层逻辑语言描述,才能利用逻辑推理功能满足具有复杂约束的服务自动化匹配计算。

因此,在此基础上,对云制造环境下设计需求与设计服务的智能匹配过程及语义匹配算法进行探索和研究。首先对设计需求与设计服务进行数据结构化定义,在此基础上建立设计需求与设计服务的动态匹配模型,然后对设计需求与设计服务语义建模,并提出匹配过程中的量化方法和匹配算法。

1 设计需求与设计服务数据结构定义

定义 1 设计需求。需要利用外部设计服务来完成产品设计,称为设计需求。设计需求可以分解为产品需求、扩展需求或原子需求,原子需求为最小需求单元。可以用 DREQ 抽象表示:

$$DREQ = \{Dt_{as}, Dt, Da\} Dt_{as} = \{T_1, T_2, \dots, T_n \in TasElemset \mid n \geq 1\} Dt = \{\langle S_i, \dots, S_j, \dots, S_k, \dots, S_m \rangle, \langle S_i, \dots, S_j \rangle, \langle S_i \rangle \mid i, j, k, m \leq n\},$$

Da:

Req(DREQ);

Deal(DREQ);

Match(DREQ);

Dtas 是设计需求对象的集合,每个对象具有相同属性集,TasElemset 是属性集,包括基本属性集,目标属性集和服务属性集。Dt 是 Dtas 上的关系集,包括产品需求,扩展需求和原子需求。Da 是设计需求的操作集合,Req(DREQ)是请求服务的操作,Deal(DREQ)是需求交易操作,Match(DREQ)是需求匹配服务操作。

定义 2 设计服务。设计过程中能使用、能提供且能交易的资源或服务,称为设计服务。由原子服务、组合服务和产品服务所构成,原子服务为最小服务单元,根据需求多个原子服务可以动态形成组合服务,多个组合服务可以动态形成产品服务。服务具有异构性、分布性、动态性、多样性、共享性和层次性特征。可以用 DPRO 抽象表示:

$DPRO = \{Dres, Ds, Dp\};$
 $Dres = \{S_1, S_2, \dots, S_n \in ResElmset | n \geq 1\};$
 $Ds = \{ \langle S_i \rangle, \langle S_i, \dots, S_j \rangle,$
 $\quad \langle S_i, \dots, S_j, \dots, S_k, \dots, S_m \rangle | i, j, k, m \leq n \};$
 $Dp:$
 Use(DPRO);
 Use(DPRO);
 Pro(DPRO);
 Deal(DPRO);
 Deal(DPRO);
 Match(DPRO);

Dres 是设计服务对象的集合, 每个对象具有相同属性集, ResElmset 是每个服务的属性集, 包括基本属性集, 服务属性集, 能力属性集; Ds 是 Dres 上的关系集合, 包括原子关系、组合关系和产品关系; Dp 是设计服务基本操作, 包括使用操作 Use(DPRO), 提供服务操作 Pro(DPRO)、服务交易操作 Deal(DPRO) 和被需求匹配操作 Match(DPRO)。

2 设计需求与设计服务动态匹配模式

根据设计需求与设计服务数据结构化定义, 提出了设计需求与设计服务动态匹配模型, 如图 1。其中设计需求商主要负责服务请求和获取服务, 设计服务商主要负责服务注册和接收需求, 而设计服务平台负责搜集设计需求和设计服务以及设计需求与设计服务的匹配, 主要包括以下步骤:

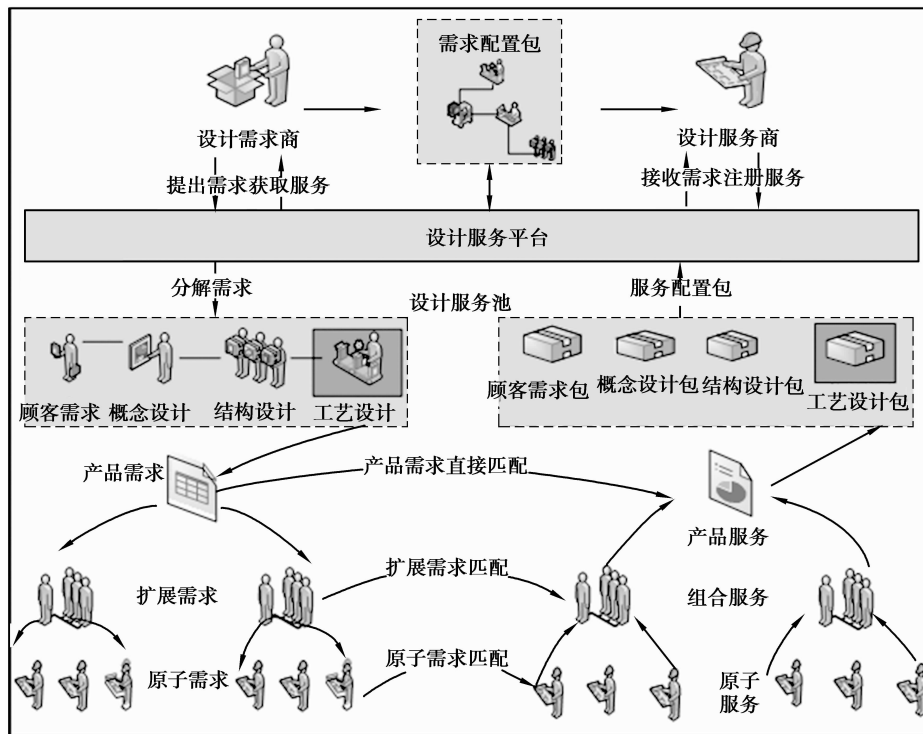


图 1 设计需求与设计服务匹配模式

Fig.1 The Matching model of design requirements and design services

步骤 1: 服务请求

设计需求商通过设计服务平台提出设计需求任务即请求服务, 平台接收需求任务作初次处理分解成不同的大类需求, 如顾客需求、概念设计、结构设计、工艺设计等。

步骤 2:服务匹配

判断需求类型,如果为产品需求,根据需求配置条件和约束条件匹配产品设计服务,若成功匹配则返回设计服务包列表;若没有成功匹配到,则需要分解产品需求为多个扩展需求,每个扩展需求根据需求配置条件和约束条件匹配组合服务,若全部成功匹配,则组合成产品服务返回服务包列表;若没有成功匹配,则需要分解扩展需求为多个原子需求,每个原子需求根据需求配置条件和约束条件匹配原子服务,若全部成功匹配,则组合成组合服务,继续组合成产品服务返回服务包列表;若没有成功匹配,则结束。判断流程如图 2。

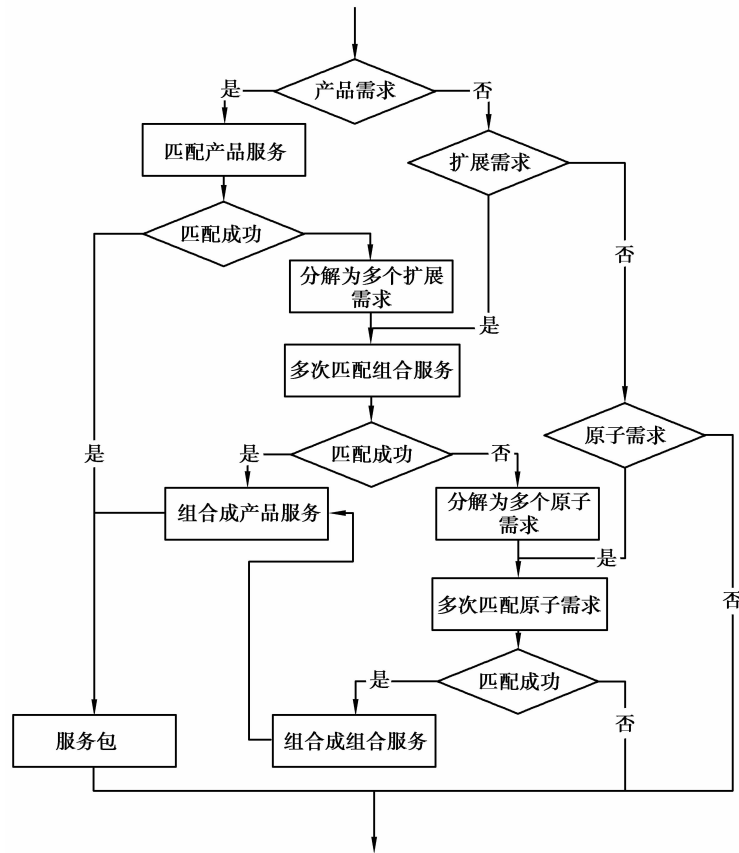


图 2 设计需求与设计服务匹配流程

Fig.2 The matching process of design requirements and design services

步骤 3:需求发布

获取与建立关联关系的服务商信息,组合成服务包,如顾客需求包、概念设计包、结构设计包和工艺设计包等。服务包打包在需求配置包中形成需求包反馈给设计需求商,同时发布给世界各地的设计服务商。

3 设计需求与设计服务动态匹配算法

根据设计需求与设计服务的数据结构化定义以及动态匹配模式,采用本体论^[22]对设计需求与设计服务描述,利用语义概念相似度和循环递归设计结构匹配算法实现设计需求与设计服务智能匹配,算法步骤如下:

步骤 1:设计需求本体描述

根据任务的配置与匹配条件分解任务为若干需求即需求本体 $WSR = \{ I_{s_{req}}, O_{s_{req}}, T_{s_{req}} \}$,

$I_{s_{req}}$ 是服务请求输入参数所引用的语义概念集合, $O_{s_{req}}$ 是服务请求输出参数所引用的语义概念集合, $T_{s_{req}}$ 是服务请求类型的语义概念集合。

根据定义 1, WSR 可以分解为有限个原子需求 $ATOM_WSR = \{ I_{s_{req}}, O_{s_{req}}, T_{s_{req}} \}$,其中原子需求的 $I_{s_{req}}, O_{s_{req}}$ 和 $T_{s_{req}}$ 由其上层所定义,有限个原子需求构成扩展需求,有限个扩展需求构成产品需求。

步骤 2:服务本体描述

设计服务本体 $WSP = \{ I_{s_{pro}}, O_{s_{pro}}, T_{s_{pro}} \}$ 描述共享组织内各类设计服务的类型、属性、状态和能力,反映

各组织在供应、设计、生产、销售、维护等各种服务方面的能力。 Is_{pro} 为服务输入参数所引用的语义概念集合, Os_{pro} 为服务请求输出参数所引用的语义概念集合, Ts_{pro} 是服务类型的语义概念集合。

根据定义 2,WSP 由有限个原子服务 $ATOM_WSP = \{Is_{pro}, Os_{pro}, Ts_{pro}\}$ 构成,其中原子服务的 Is_{req} , Os_{req} 和 Ts_{pro} 由其上层定义,有限个原子服务可以组合为服务包,有限个服务包可以组合为产品服务,即满足某个 WSR。

步骤 3:设计需求与设计服务的匹配

根据图 2 设计需求分解匹配组合流程,设计循环递归结构。核心算法思想是,如果设计需求为原子需求,则进行原子匹配,即不可再分的设计需求一次性匹配到所需要的设计服务。如果设计需求为扩展需求,则进行扩展匹配,扩展匹配包含 2 种方式,直接扩展匹配方式和原子匹配组合方式,即可以再分的设计需求一次性匹配到所需要的设计服务或者可以分解为多个原子需求,通过原子需求匹配设计服务,再将匹配到的设计服务组合成服务返回给设计需求。如果设计需求为产品需求,则进行产品匹配,产品匹配包含 2 种方式,直接产品匹配方式和扩展匹配组合方式,即通过多层分解的设计需求一次性匹配到所需要的设计服务或者可以分解为多个扩展需求,通过扩展需求匹配设计服务,再将匹配到的设计服务返回给设计需求。具体算法如图 3 所示。

图 3 中, $MATCH_SAT$ 为设计需求与设计服务概念间语义相似度^[22-23],即计算 WSR 和 WSP 之间的相似度,计算公式如下:

$$\text{sim}(Is_{req}^i, Is_{pro}^i) = 1 - \sqrt[3]{0.5 \times a \times \text{dist}(Is_{req}^i, Is_{pro}^i)}, \quad (1)$$

$$\text{sim}(Os_{req}, Os_{pro}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{sim}(Os_{req}^i, Os_{pro}^i), \quad (2)$$

$$\text{sim}(Is_{req}, Is_{pro}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{sim}(Is_{req}^i, Is_{pro}^i), \quad (3)$$

$$\text{sim}(S_{req}, S_{pro}) = \frac{1}{2} [\text{sim}(Os_{req}, Os_{pro}) + \text{sim}(Is_{req}, Is_{pro})], \quad (4)$$

式中: $\text{sim}(Os_{req}^i, Os_{pro}^i)$ ——设计需求与设计服务输入语义相似度

$$a = \frac{\text{Dep}(Os)}{\text{Dep}(Is) + \text{Dep}(Os)},$$

式中: $\text{Dep}(C)$ 为概念 C 在概念层次中与树根 R 之间最短路径的边数; $\text{dist}(Is_{req}^i, Is_{pro}^i)$ 为 2 个概念语义距离; t 为调节参数,一般设 $t=9$; $\text{sim}(Os_{req}, Os_{pro})$ 为设计需求与设计服务输出间的总相似度; $\text{sim}(Is_{req}, Is_{pro})$ 为设计需求与设计服务输入间总相似度; $\text{sim}(S_{req}, S_{pro})$ 为设计需求与设计服务总相似度即 $MATCH_SAT$ 。

语义相似度 $MATCH_SAT \in [0, 1]$, 设定阈值,若大于阈值 0.6 则符合目标的候选查询集。根据算法,可以得到最后的候选集,在候选集中根据其他约束条件或目标函数可以得到最优集。

4 应用实例

基于以上思想,建立了一个设计需求与设计服务匹配实验平台。操作系统为 Windows7, CPU 为 interl Core i3, 算法实现语言 JAVA, 开发工具 Myeclipse-8.5.0, 服务器 Tomcat-6.0.32, JDK 版本为 6, 处理对象是通过网络爬虫工具搜集的设计服务共 200 多个,并对其加工处理,归类整理后共有 12 种设计服务,每一种设计服务均有 10~18 个相关服务,并完成 2 个实验。采用查准率和查全率作为评价服务匹配效果的指标,查准率是指发现符合查询条件的服务数量与发现服务总数的比率;查全率是指发现符合查询条件的服务数

```

1 def Match(Req,Pro):
2   if Req='Atom_req':#需求为原子需求
3     Pro=Match(Atom_req,Atom_pro)
4   else:
5     if Req='Extend_req':#需求为扩展需求
6       Pro=Match(Extend_req,Extend_pro)
7     else:
8       if Req='Prod_req':#需求为产品需求
9         Pro=Match(Prod_req,Prod_Pro)
10      else:return 0 #匹配不成功
11 def Atom_Match(Atom_req,Atom_pro):#原子需求与原子服务匹配
12   Match_SAT=sim(Atom_req,Atom_pro)#计算语义相似度,取值[0,1]
13   if Match_SAT >= 0.6:
14     return Atom_pro
15   else:return 0
16 def Extend_Match(Extend_req,Extend_pro):#扩展需求与组合服务匹配
17   Match_SAT=sim(Extend_req,Extend_pro)#计算语义相似度
18   if Match_SAT >= 0.6:
19     return Extend_pro
20   else:
21     Extend_req=(Atom_req)#分解扩展需求为原子需求
22     for i=1 to Atom_req 数量:
23       Match(Atom_req,Atom_pro)
24       Extend_pro=(Atom_pro)#原子服务组合成组合服务
25     return Extend_pro
26 def Prod_Match(Prod_req,Prod_pro):#产品需求与产品服务匹配
27   Match_SAT=sim(Prod_req,Prod_pro)
28   if Prod_req Prod_pro 语义相似度 >= 0.6:
29     return Prod_pro
30   else:
31     Prod_req=(Extend_req)#产品需求分解为扩展需求
32     for i=1 to Extend_req 数量:
33       Match(Extend_req,Extend_pro)
34     prod_pro=(Extend_pro)#组合服务组合成产品服务
35     return prod_pro

```

图 3 设计需求与设计匹配算法

Fig.3 The matching algorithm of design requirements and design services

量与测试集中符合查询条件的服务数量的比率。对比两种实验结果,用 Matlab7.0 编程实现。

实验 1 采用 OWL-S 描述设计服务。查全率和查准率如图 4 所示。

实验 2 采用所提出的方法定义设计需求和服务,并进行需求与服务匹配,查全率和查准率如图 5 所示。

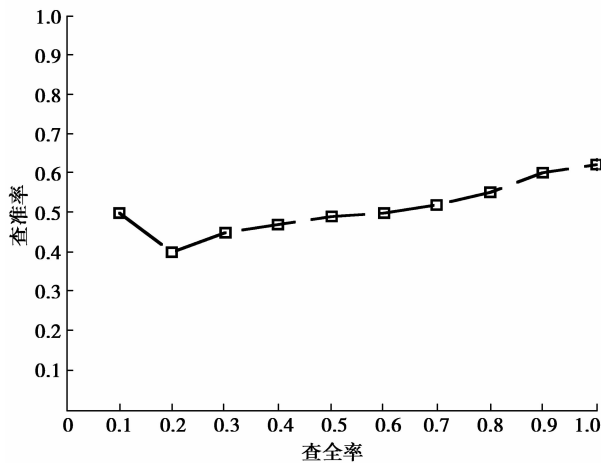


图 4 查全率和查准率(OWL-S)

Fig.4 The curve of recall and precision(OWL-S)

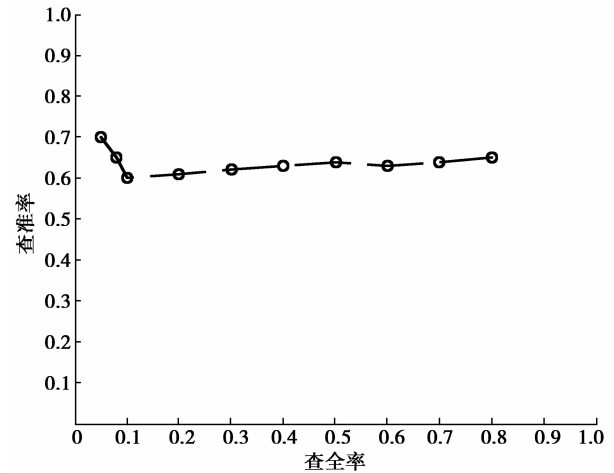


图 5 查全率查准率曲线

Fig.5 The Curve of recall and precision

从图 4 和图 5 中可以看出,所提出的方法较 OWL-S 有较好的查全率和查准率,主要原因是因为需求和服务本身模板化处理,根据需要分解后计算特征关系,提高了查准率;由于采用需求分解逐层查询,提高了查全率;所以,具有更好的查准率和查全率。

5 结 语

设计服务是制造服务的重要组成部分,设计需求与设计服务的智能匹配模式是实现设计服务的关键技术之一。在分析设计需求与设计服务新的数据结构基础上,建立设计需求输入、分解、原子匹配、扩展匹配、产品匹配、输出和设计服务组合匹配模型。采用本体对设计服务和设计需求进行语义描述,利用语义概念相似度、循环与递归结构算法实现原子匹配、扩展匹配和产品匹配。实际上,设计服务中具有庞大的设计需求与设计服务,匹配过程中需要不断分解、组合、计算和匹配,如何运用大数据分析处理技术,主动从大量设计需求与设计服务中发现有用的潜在信息,并转化为有用知识,以便更有效地支持智能匹配,还有待进一步研究问题。

参考文献:

- [1] 何哲,孙林岩,朱春燕.服务型制造的概念、问题和前瞻[J].科学学研究,2010,28(1):53-60.
HE Zhe, SUN Linyan, ZHU Chunyan. Conception, issue and prospect of service-manufacturing[J]. Studies in Science of Science, 2010, 28(1): 53-60. (in Chinese)
- [2] 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. (in Chinese)
- [3] 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. (in Chinese)
- [4] 杨娟.基于云计算的设计服务模式研究及原型应用[D].重庆:重庆大学,2012.
YANG Juan. Research of design service model and application of prototype based on cloud computing[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012. (in Chinese)
- [5] Yang J, Gang G. A collaboration mechanism and manufacturing resource service sharing model for service-manufacturing

- system[J]. International Review on Computers and Software, 2012, 7(2): 839-844.
- [6] Yang J, Gang G. Design a New Manufacturing Model: Cloud Manufacturing[C]// Proceedings of the 2012 International Conference on Cybernetics and Informatics. Chongqing: Lecture Notes in Electrical Engineering, 2013: 1597-1606.
- [7] Li B H, Lin Z H, Wang S L, et al. Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(1): 1-8.
- [8] Xun X. From cloud computing to cloud manufacturing[J]. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2011, 28(1): 75-86.
- [9] Yang D G, Gu T L, Zhou H Y, et al. Study on multi-view model for cloud manufacturing[J]. Advanced Manufacturing Systems, 2011, 201-203: 685-688.
- [10] 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.
- [11] 邓水光, 黄龙涛, 尹建伟, 等. Web 服务组合技术框架及其研究进展[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(2): 404-412.
DENG Shuiguang, HUANG Longtao, Yi Jianwei, et al. Technical framework for Web Services composition and its progress[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems Cims, 2011, 17(2): 404-412. (in Chinese)
- [12] 王琦峰, 刘飞. 基于语义的虚拟企业制造服务建模技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(5): 861-867.
WANG Qifeng, LIU Fei. Semantic-based virtual enterprise manufacturing services modeling technology[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008, 14(5): 861-867. (in Chinese)
- [13] 刘焯, 史明华. 基于 OWL-DL 的制造加工服务描述建模方法[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(4): 767-775.
LIU Ye, SHI Minghua. Machining services description modeling based on OWL-DL[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems Cims, 2011, 17(4): 767-775. (in Chinese)
- [14] Tao F, Hu Y, Zhao D, et al. Study on resource service match and search in manufacturing grid system[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2009, 43(3-4): 379-399.
- [15] 刘丽兰, 俞涛, 曹红武, 等. 制造网格中资源管理与调度系统的研究[J]. 机械科学与技术, 2004, 23(10): 1230-1233.
LIU Lilan, YU Tao, CAO Hongwu, et al. Research on resource management and scheduling system in manufacturing grid[J]. Mechanical Science and Technology, 2004, 23(10): 1230-1233. (in Chinese)
- [16] 蔡铭, 林兰芬, 陈刚等. 网络化制造环境中制造资源的智能发现技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(7): 589-594.
CAI Ming, LIN Lanfen, CHEN Gang, et al. Intelligent resource discovery in internet-based manufacturing[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003, 9(7): 589-594. (in Chinese)
- [17] 石宇强, 吴双. 网格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. (in Chinese)
- [18] 郑立斌, 陈全园, 顾寄南, 等. 网络化制造资源建模与搜索的研究[J]. 机械设计与制造, 2012, 8: 095.
ZHENG Libin, CHEN Quanyuan, GU Jinan, et al. Research on Modeling and Searching of Networked Manufacturing Resources[J]. Machinery Design & Manufacture, 2012, 8: 095. (in Chinese)
- [19] 尹超, 夏卿, 黎振武. 基于 OWL-S 的云制造服务语义匹配方法[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1494-1502.
YIN Chao, XIA Qi, LI Zhenwu. Semantic matching technique of cloud manufacturing service based on OWL-S[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(7): 1494-1502. (in Chinese)
- [20] 苏嘉梅. 云制造环境下制造云服务发现研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
SU Jiamei. The research of service discovery for cloud manufacturing[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012. (in Chinese)
- [21] 杨惠荣, 刘珊珊, 尹宝才. 基于语义距离的 Web 服务匹配算法[J]. 北京工业大学学报, 2011, 37(4): 591-596.
YANG Huirong, LIU Shanshan, YIN Baocai. Matching algorithm of web services based on semantic distance[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2011, 37(4): 591-596. (in Chinese)
- [22] Studer R, Decker S, Fensel D, et al. Situation and perspective of knowledge engineering[J]. Knowledge Engineering and Agent Technology, 2004: 237-232.
- [23] 徐德智, 郑春卉, Passi K. 基于 SUMO 的概念语义相似度研究[J]. 计算机应用, 2006, 26(1): 180-183.
XU Deizhi, ZHENG Chunhui, Passi K. Concept semantic similarity research based on SUMO[J]. Journal of Computer Applications, 2006, 26(1): 180-183. (in Chinese)