

# 基于本体描述逻辑的云制造服务匹配方案

江萍,王力,王士凯,魏晓莉

(合肥工业大学管理学院,安徽合肥230009;

教育部过程优化与智能决策重点实验室,安徽合肥230009)

**摘要:**为了实现云制造环境下资源服务的增值和增效的目的,阐述了云制造的典型特征及云制造服务匹配的意义后,针对处理OWL-S语义描述云制造服务的问题,从服务请求及服务结果匹配两个核心方面入手,提出了一种基于本体描述逻辑(DL)的云制造服务匹配方案,并对该匹配方案中的各个阶段进行阐述,有效地提高了服务匹配的查全率和查准率。最终通过与传统关键字匹配方案和基于本体描述逻辑包含性检测的服务匹配方案进行比较分析,实验结果证明了文中提出的匹配方案具有很好的可行性和有效性。

**关键词:**本体;描述逻辑;云制造;制造服务;服务匹配

**中图分类号:**TP31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)03-0049-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.013

## A Method of Services Matching of Cloud Manufacturing Based on Ontology-DL

JIANG Ping, WANG Li, WANG Shi-kai, WEI Xiao-li

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

Key Laboratory of Process Optimization and Intelligent Decision-making of Ministry of Education,  
Hefei 230009, China)

**Abstract:** In order to realize added value and added effect of manufacturing resources, a method of service matching of cloud manufacturing based on ontology's description logic (DL) was came up with and discussed after analyzing the typical characteristics and far-reaching significance of service matching of cloud manufacturing. This method is for the problem that service of cloud manufacturing is described by OWL-S. The different stages during the method are discussed, efficiently improving the recall ratio and precision ratio of service matching. Finally using experimental results analyzes and proves the feasibility and efficiency of the method discussed for service matching of cloud manufacturing.

**Key words:** ontology; DL; cloud manufacturing; manufacturing services; services matching

## 0 引言

近年来,针对发展制造业信息化中出现和存在的问题,文献[1]中提出了云制造这一崭新的概念。云制造概念的产生结合了近年来较为热门的云计算概念和先进的制造模式,并应用了现有的制造技术、面向服务、虚拟化以及物联网等新兴技术。随着云制造概念的研究发展,如何有效地提高云制造中各制造资源的利用率、实现制造资源的增值已成为云制造服务的关键研究问题之一。文献[2]中针对云制造模型和特征

提出了一种云服务组合模型,文中通过对该模型中包含的云服务搜索与匹配模块加以深入研究,并提出了一个基于本体描述逻辑的云制造服务语义匹配方案。

## 1 相关概念

### 1.1 云制造及其服务匹配

云制造是借鉴了云计算思想产生并发展起来的一个新概念。它将云计算的思想融合到“制造即服务”这一理念中,期望利用信息技术实现制造资源的高度共享,是一种面向服务、高效低耗和基于知识的网络化智能制造新模式<sup>[3]</sup>,同时也为制造业信息化提供了一种崭新的理念与模式。文献[3]和文献[4]中给出了云制造的服务模式、内容与技术基础图,清晰地展示了云制造与云计算的关系,云制造是云计算的新的延伸和发展。云制造的目标在于满足客户个性化产品需求

收稿日期:2012-06-06;修回日期:2012-09-15

基金项目:国家“863”云制造主题项目(2011AA040501);国家自然科学基金资助项目(70871033);安徽省教育自然科学基金重点项目(KJ2011A006)

作者简介:江萍(1988-),女,合肥人,硕士生,研究方向为人工智能、机器学习。

和提供加盟制造商利润,实现具有智能化、绿色化、低消耗、高可靠性、高可伸缩性的先进制造模式<sup>[5]</sup>。文中研究重点为云制造中制造能力的匹配问题,即根据应用层用户提出的各种需求,有效地在云制造平台服务库存的大量、复杂、繁琐的各类制造资源中寻找到满足于服务需求的制造服务。

1.2 本体

(1)本体。  
本体<sup>[6]</sup>最早是一个哲学范畴,哲学家们用它来描述事物的本质。后来随着信息技术和人工智能的发展,被人工智能界给予了新的定义。1998 年 Studer 经过深入研究后对本体给出了现公认的定义,即本体是对共享概念模型的形式化规范说明<sup>[7]</sup>。2004 年 W3C 推出的 Web 本体语言(OWL)更加完善了对 Web 服务的语义描述,为 Web 服务增添了更多描述服务属性和概念的词汇。此外,OWL 能够更好地描述和表达语义,可以使 DL 的可判定定理得以实现。

(2)本体逻辑描述。  
描述逻辑是一种基于对象的知识表示的形式化,是一阶谓词的可判定子集。它表示知识的方式是通过描述概念以及概念与概念之间的关系,代表了一类基于逻辑的知识表示语言。文献[8]中证明了本体描述逻辑能够提供高效完备的语义推理服务。文献[9]中应用 SPARQL 语言给出了一种基于 OWL 描述逻辑的语义 Web 服务查询方案,证实了本体描述逻辑可以帮助有效地发现服务,具有实用性和可靠性等特点。

(3)描述云制造服务。

随着语义网的快速发展以及本体语言 OWL 的产生,越来越多的设计开发者利用 OWL 语言来描述相关领域的知识、服务,开发基于本体的知识系统。OWL-S<sup>[10]</sup>是利用 OWL 语言编写的 Web 服务本体,其根据 Web 服务中各对象以及对象与对象之间的关系来定义和描述 Web 服务,具有良好的语义表达能力。OWL-S 有助于 Web 服务实现自动化,使 Web 服务的智能化得到了进一步提升。OWL-S 包括三个顶层本体,分别描述服务的功能,访问服务方

法及服务工作流程,如图 1 所示:

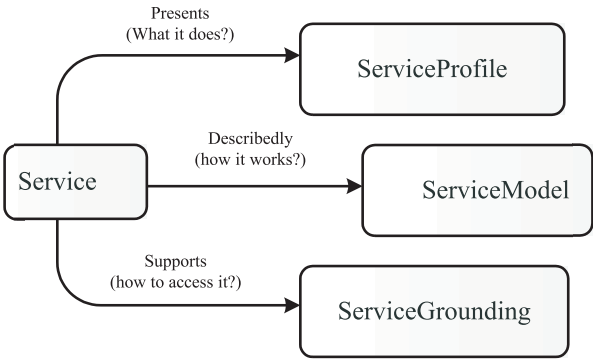


图 1 OWL-S 模型的顶层本体示意图

2 云制造服务匹配

2.1 云制造服务匹配过程模型

文中基于云制造服务的特点,给出了如图 2 所示的云制造服务匹配过程模型。服务提供者通过服务注册中心向平台提供制造服务,平台通过注册中心接收服务后将其整理并用 OWL-S 给予描述,生成服务本体作为服务匹配的服务来源。服务需求者则通过 Web 接口向平台发出服务请求,当云制造平台接收到用户提交的服务需求后,需求解析器模块将对用户提出的需求进行处理,依次经过推理查询模块、服务匹配、整理排序以及云制造服务组合模块得到最终满足用户提交的需求的云制造服务结果集,再通过 Web 接口将服务匹配结果集返回给用户使用。

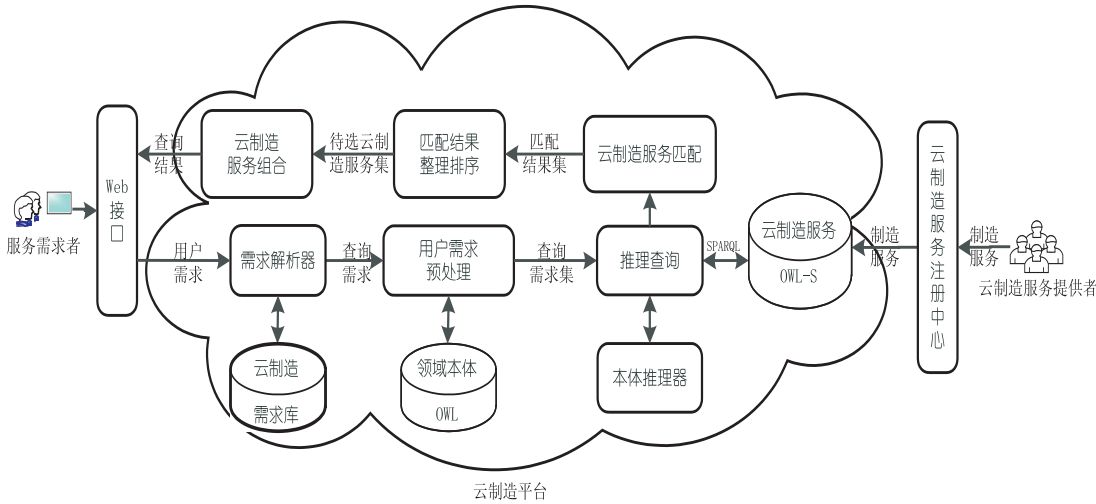


图2 云制造服务管理过程模型

(1)用户需求向量。

服务需求是指指定服务名称、功能和属性的方式提供给云制造平台需求请求者,其中功能和属性为多选形式,即服务需求提交后产生服务需求向量  $R$ ,其表示形式如下:

$$R=(NAME_s, FUN_s(F_1,\cdots,F_n), PRO_s(P_1,\cdots,P_m))$$

$NAME_s$ 表示服务名称,  $FUN_s(F_1, \dots, F_n)$ 表示功能集合, 其中  $F_i$  包含输入、输出、前提条件以及服务结果四个功能属性, 功能的输出和输入是由一个或多个参数概念构成的概念向量;  $PRO_s(P_1, \dots, P_m)$ 表示属性集合, 其中  $P_i$  包含了属性名称和属性值。

(2) 基于领域本体扩展用户需求向量。

A. 基于本体的概念相似度。

概念是一种形式化的规范说明<sup>[11]</sup>。概念相似度是计算机处理自然语言、语义 Web、人工智能等方面的重要研究问题之一。相关学者给出了多种概念相似度的研究成果, 如基于语义距离计算相似性、基于本体的树结构计算相似性、基于图结构研究相似性的计算问题等。文中采用基于本体的概念相似度计算方法<sup>[12]</sup>用于需求向量中各属性扩展中涉及的概念相似度计算。该算法可以较为有效地计算出两个概念间的相似度大小, 给出较纯基于本体概念的概念相似度算法更加符合人为逻辑的语义相关程度。

B. 扩展用户需求结果向量。

扩展用户需求结果向量的目的在于更好地体现语义匹配, 如用户输入的服务名称为“计算机”, 采用关键字匹配则会丢失“电脑”、“computer”等与“计算机”同义或近义的服务结果, 出现查询丢失现象。对服务名称进行语义扩展, 即基于领域本体对服务需求向量中的服务名称、功能输参和出参以及属性中各概念进行扩展, 则会获得更为完全和准确的匹配结果。

## 2.2 云制造服务匹配过程

根据现流行的服务多层次匹配原理<sup>[13]</sup>, 文中提出以下多层次服务匹配方案, 每个阶段得到更为精确的匹配结果集, 作为下一阶段的服务匹配候选集, 最终得到匹配结果。

(1) 服务名称匹配阶段。

根据服务名称扩展后的结果向量, 对服务名称扩展结果集进行遍历, 查询服务库中所有满足名称匹配的服务结果, 并将各服务名称的相似度大小作为其对应匹配出来的服务结果的匹配度大小, 并将得到的服务结果封装为服务名称匹配结果集。最终匹配结果集表示为:

$$SSET_{Name}((S_1, m_1), (S_2, m_2), \dots, (S_n, m_n))$$

其中,  $S_i$  和  $m_i$  表示根据服务名称匹配得到的第  $i$  个服务及其对应的匹配度大小。

(2) 服务功能匹配阶段。

该阶段的匹配过程主要分为服务输出输入匹配、服务前提条件与服务结果匹配两个过程。其中服务功能的输入和输出的语义匹配是整个服务匹配过程的重点。

A. 功能的输出和输入匹配。在服务需求向量中

服务功能的输出和输入分别用概念矢量表示, 即  $Output = (O_1, \dots, O_n)$  和  $Input = (I_1, \dots, I_m)$ , 所匹配的服务对象功能的输出和输入分别描述为  $Output' = (O'_1, \dots, O'_n)$  和  $Input' = (I'_1, \dots, I'_m)$ 。该阶段匹配即转为两组概念矢量的匹配问题。鉴于概念矢量中的概念来自同一个领域本体, 采用扩展服务需求向量时采用的概念相似度算法来计算两组概念矢量的匹配度大小, 最终获得功能输出和输入的匹配度。

B. 功能的前提条件与结果匹配。由于服务功能前提和结果在发布和请求服务时能够较为清晰和明确的描述, 前提条件和结果的匹配采用关键字匹配方式。

(3) 服务非功能属性匹配阶段。

首先查询云制造服务库, 即 OWL-S 文件, 取出每条服务的属性记录与服务属性扩展结果集中的属性进行匹配。匹配时先后对属性名称及属性值进行匹配。设  $\omega_0$  和  $\omega_1$  分别表示根据属性匹配时属性名称匹配和属性值匹配的权重大小。最终的匹配结果集表示为:

$$SSET_{Pro}((S_1, m_1), (S_2, m_2), \dots, (S_n, m_n))$$

其中,  $S_i$  与  $m_i$  表示服务非功能性属性匹配得到的第  $i$  个服务及其对应的匹配度大小, 且

$$m_i = \sum_{j=1}^n (\omega_0 \times m_{i0} + \omega_1 \times m_{i1}) \quad (1)$$

其中  $n$  表示需求向量中属性扩张结果集中属性概念的总数, 而  $m_{i0}$  和  $m_{i1}$  分别表示第  $i$  属性的属性名称匹配度与属性值匹配度。

(4) 服务匹配结果整合排序。

该阶段将上述三个阶段匹配获得的服务结果集进行整理合并, 获得最终云制造服务匹配结果集, 并对结果集进行排序处理产生最优服务候选集合。

## 3 实验结果

基于文中提出的云制造服务匹配方案和思想, 通过建立云制造服务发现仿真平台, 获取实验结果, 从查准率和查全率出发, 证明匹配方案的可行性和有效性。以下为平台中引用的数据、主要技术及实验结果。

(1) 利用 protégé 工具构建了一个概念本体用于对服务请求中的名词、功能以及属性进行语义扩展。应用 OWL-S 描述云制造服务作为服务匹配处理对象。

(2) 借助 Jena 推理机, 对使用 SPARQL 语言以及一些马里兰大学提供的 OWLS-API 接口对 OWL-S 服务库进行服务匹配最终提取匹配得到的服务集信息。

(3) 文中采用导弹领域的相关知识作为实验数据, 概念本体中包含了导弹领域中的各概念的定义以及概念与概念间的关系。又基于导弹领域的特点, 选择了 500 条典型的知识服务来构建 OWL-S 云制造服务本体作为服务匹配对象。



(4)为了对比分析,同时采用传统的基于关键字服务匹配方案<sup>[14]</sup>及基于本体描述逻辑包含性检测的服务匹配方案<sup>[15]</sup>。利用云制造仿真平台,文中分别采用上述三种服务匹配方案进行了 30 组测试查询,实验相关数据和结果如图 3 与图 4 所示。



图 3 protégé 构建的导弹领域本体

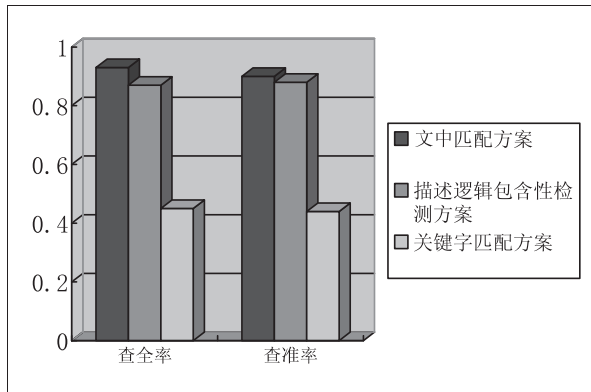


图 4 实验结果对比图

(5)从图 4 中可以看出,无论在查全率还是在查准率上,文中提出的匹配方案相对于基于描述逻辑包含性检测的匹配方案有小幅的提升,且明显优于基于关键字匹配方案。其主要原因在于,相对于描述逻辑包含性检测的匹配方案,文中提出的匹配思想不但考虑到描述逻辑中的包含性检测思想,同时还对服务请求进行了预处理,更为有效地防止了服务匹配中的信息丢失现象。而关键字匹配思想只是考虑了词汇之间的匹配度,而非概念与概念间的相似度,缺失了语义,在处理多义性上存在很大的阻碍和困难,所以匹配结果不理想。

## 4 结束语

基于本体描述逻辑的云制造服务匹配实际上就是对进行语义描述的 Web 服务的匹配。文中同时考虑了服务发布时的语义描述以及服务请求时的语义描述,从这两个关键点出发,采用 SPARQL 语言对以 OWL-S 形式存储的云制造服务进行了语义匹配。结果证明,文中提出的云制造服务匹配方案在查全率和查准率上有很好的优势,并且具有较好的可扩展性、简单可靠等特点。

### 参考文献:

- [1] 李伯虎,张霖,王时龙,等. 云制造—面向服务的网络化制造新模式[J]. 计算机集成制造系统,2010,16(1):4-9.
- [2] 陶飞,张霖,郭华,等. 云制造特征及云服务组合关键问题研究[J]. 计算机集成制造系统,2011,17(3):478-485.
- [3] 李伯虎,张霖,柴东旭. 云制造概述[J]. 中兴通讯技术,2010,16(4):4-7.
- [4] 李伯虎,张霖,任磊,等. 再论云制造[J]. 计算机集成制造系统,2011,17(3):503-510.
- [5] 程武山,朱明年. 云制造—先进制造信息化[J]. 系统仿真学报,2011(10):2258-2262.
- [6] Choi Key-Sun. IT Ontology and Semantic Technology[C]//Proc of Conf on Natural Language Processing and Knowledge Engineering. Beijing:[s. n.],2007:14-15.
- [7] 陆建江,张亚非,苗壮,等. 语义网原理与技术[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [8] 刘思培,刘大有,齐红,等. 基于描述逻辑规则的语义 Web 服务组合[J]. 计算机研究与发展,2011,48(5):831-840.
- [9] 王海,高岭,范琳,等. 基于 SPARQL-DL 的语义 Web 服务查询[J]. 电子学报,2011(3A):52-56.
- [10] W3C Member. OWL-S: Semantic Markup for Web Services [EB/OL]. 2004-11-22. <http://www.w3.org/Submission/OWL-S>.
- [11] Fan Li. An Improved Method about the Similarity Calculation of Ontology[C]//ICMT. Ningbo:[s. n.],2010:1-4.
- [12] Yin Guisheng, Sheng Qiuyan. Research on Ontology-based Measuring Semantic Similarity[C]//International Conference on Internet Computing in Science and Engineering. Harbin: IEEE Conference Publications,2008:250-253.
- [13] 尹辉. 基于相似度的语义 Web 服务[D]. 长沙:中南大学,2008.
- [14] 丘田,李鹏飞,林品. 一个基于概念语义近似度的 Web 服务匹配算法[J]. 电子学报,2009,37(2):429-432.
- [15] Paolucci M, Kawamura T. Semantic Matching of Web Services Capabilities[C]//Proceedings of the First International Semantic Web Conference. Sardinia, Italy: Springer-Verlag GmbH,2002:333-347.

## 基于本体描述逻辑的云制造服务匹配方案

作者: [江萍](#), [王力](#), [王士凯](#), [魏晓莉](#)  
作者单位: [合肥工业大学 管理学院, 安徽 合肥230009](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)  
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjtz201303015.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201303015.aspx)