

DOI:10.13196/j.cims.2015.03.027

云制造服务平台供需智能匹配的研究与实现

盛步云¹,张成雷¹,卢其兵¹,李新龙¹,程旭东²

(1. 武汉理工大学 机电工程学院,湖北 武汉 430070;2. 湖北工业大学 机械工程学院,湖北 武汉 430068)

摘要:为提高中小企业云制造服务平台搜索引擎的实用性,在保证其搜索智能度和搜索精度的同时,基于云制造服务模式的思想,开发了一个面向中小企业云制造服务平台的供需智能匹配引擎。采用关键字语义智能搜索,使用制造服务资源本体库,根据需求本体构建形式化的需求匹配模式,进行了制造服务资源的智能匹配算法。在汽车/摩托车配件行业进行了验证性应用,通过“骨架法”构建汽车/摩托车配件本体库,完成了该服务资源本体语义推理,实现了云搜索的有效、快捷智能匹配。

关键词:云制造;供需智能匹配;本体库;语义推理;搜索引擎

中图分类号:TP391;TH166 **文献标识码:**A

Research and implementation of cloud manufacturing service platform's intelligent matching for supply and demand

SHENG Bu-yun¹, ZHANG Cheng-lei¹, LU Qi-bing¹, LI Xin-long¹, CHENG Xu-dong²

(1. School of Mechanical and Electronic Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: To improve the utility of cloud manufacturing service platform search engine for small and medium-sized enterprises, under the guarantee of its search intelligence and accuracy, a intelligent matching engine for supply and demand oriented to small and medium-sized enterprises' service platform was developed with the idea of cloud manufacturing service. By using keyword semantic intelligent search and manufacturing service resource ontology library, the formalized demand matching model was constructed based on demand ontology, and the intelligent manufacturing service resources matching algorithm was realized. The experimental application in car and motorcycle accessories industry showed that the car and motorcycle accessories ontology library was built through skeleton law method, the ontology semantic reasoning for service resource was achieved and the rapidly intelligent matching of cloud search was realized.

Key words: cloud manufacturing; supply-demand intelligent matching; ontology library; semantic reasoning; search engine

0 引言

制造业水平关系着国家经济命脉,是国家实力的重要体现。当前,我国制造业处于转型的关键时期,实现制造业从生产型向服务型转变,是我们面临的重大战略问题之一。要解决目前阻碍发展的这一

瓶颈问题,关键是合理地分配和共享制造资源和制造能力,避免过度的投资建设。中国制造企业数量庞大、层次不齐,与国际制造业相比还存在诸多问题。特别是中小制造企业由于受企业本身资金、规模和创新能力的制约,虽拥有新产品的创意设计或方案^[1],但由于无法获得优质设计类软件或缺乏加

收稿日期:2014-06-06;修订日期:2014-10-29。Received 06 June 2014;accepted 29 Oct. 2014.

基金项目:国家 863 计划资助项目(2011AA040504)。**Foundation item:** Project supported by the National High-Tech. R&D Program, China (No. 2011AA040504).

工试验设备等资源,导致无法投入设计、试验或生产,不能有效地产生产品效益,最终严重地影响企业的长期发展。

同时,随着国内中小制造企业经营规模的不断扩大,制造加工管理、设计、生产和检测过程中的各种数据信息也急剧增加。而传统的制造服务资源管理,如制造交易服务资源管理已经很难满足这种急剧增加的云制造服务资源的匹配与交易。因此,有必要对供需智能匹配进行研究,以面对庞大的中小企业制造信息量,合理调度制造业资源,从而提高中小企业之间的服务资源交易协作效率,实现制造业服务型的优化。

当前基于 Web 语义的本体云制造服务描述的工作已有较多研究成果,如同济大学研究中心、北京机械工业自动化研究所等。在物流行业,云制造供需主动匹配也进行了案例的实际应用。本文开发的云制造服务平台供需智能匹配是中小制造企业搜索服务资源时,从功能、数据、服务质量和执行四个方面进行关键字语义匹配。引入语义相似度匹配算法,满足搜索条件的记录最终形成服务推荐列表供用户选择。围绕产品制造全生命周期对中小企业云制造服务进行分类,从云制造服务本身、提供云制造服务的主体能力和云制造服务所含的制造资源等方面对云制造服务进行描述,并建立本体模型。

本文重点研究云制造服务平台的供需智能匹配引擎,通过建立分行业的制造服务资源本体库,进行语义推理方式实现服务能力的智能匹配,同时该服务平台需要完善云制造的服务模式,以使该中小企业云制造服务平台能更好地服务于广大中小制造企业。

1 供需智能匹配引擎概述

中小企业云制造服务平台(简称 CloudManu 系统)的供需智能匹配引擎可以整合海量的企业服务资源信息,统筹和优化企业内部资源,共享和协同制造资源和制造能力,实现基于知识的服务智能调度、配置等管理^[2]。当前,在搜索引擎方面常采用关键字搜索、结构搜索、垂直搜索和语义搜索等方式对各类制造服务进行高效搜索^[3]。智能匹配引擎主要基于高效的搜索算法,为用户返回与输入条件相关的功能、数据或服务。在引擎的支持下,用户可以得到与输入条件相匹配的结果,通过返回的结果,可以获得最优的服务支持。

云制造供需主动匹配的方式就是服务资源按照特定方式进行资源分类,分类后建立专用的云制造资源本体库,本体库中的本体类(即概念)使用类 Web 服务描述语言(Web Service Description Language, WSDL)文档进行规范描述,并对云制造服务描述文档中的各项参数内容使用本体概念进行标注,特别是对于需求也要将其建立在本体库中,定义需求中涉及的各个概念,并将这些概念映射到服务描述文档的各个参数中。当提交服务需求时,使用服务领域本体中的概念描述需求中的各个参数,并根据需求本体构建形式化的需求匹配模式。在上述工作的基础上进行智能匹配,服务描述文档中的参数对应需求本体中的概念,并将其中所含的内容进行基于语义的比较,将匹配值进行加权求和,最终对服务资源按值由大到小排列,供服务使用者选择。其云制造供需主动匹配示意图如图 1 所示。

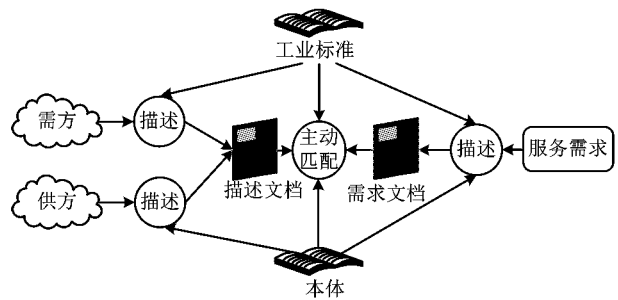


图1 云制造供需主动匹配示意图

定义 1 假设两个关键字词语为 W_1 和 W_2 , 如果 W_1 有 n 个概念— $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1n}$, W_2 有 m 个概念— $S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2m}$, 记词语 W_1 和 W_2 中概念的最大相似度^[4]为

$$Sim(W_1, W_2) = \max_{i=1 \dots n, j=1 \dots m} Sim(S_{1i}, S_{2j}) \quad (1)$$

式中 $Sim(S_1, S_2)$ 为概念语义表达式的整体相似度,

$$Sim(S_1, S_2) = \sum_{i=1}^4 \beta_i \prod_{j=1}^i Sim_j(S_1, S_2) \quad (2)$$

将式(2)代入式(1),得到词语 W_1 和 W_2 中概念的最大相似度为

$$Sim(W_1, W_2) = \max_{i=1 \dots n, j=1 \dots m} \sum_{i=1}^4 \beta_i \prod_{j=1}^i Sim_{i,j} S_{1i}, S_{2j} \quad (3)$$

其中: S_1 为第一个词语的某个概念; S_2 为第二个词语的某个概念; $\beta_i (1 \leq i \leq 4)$ 是可调节参数,且 $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1, \beta_1 > \beta_2 > \beta_3 > \beta_4$ 。后者反映了 Sim_1 到 Sim_4 对于总体相似度所起到的作用依次递减^[6]。在词语相似度的计算过程中,概念对相似度

的计算过程是重点,因为采用的方法是取概念对的最大相似度作为词语的相似度。

本文开发的制造能力供需智能匹配引擎采用了关键字语义智能搜索。关键字智能搜索就是在使用搜索引擎时输入的关键字能够最大程度地概括用户所要查找的信息内容的字或者词,是信息的概括化和集中化。在查询过程中,为提高关键字的命中率,需要进行查询扩展处理,即根据同义词和语义蕴含词扩展查询检索项。查询扩展的基本思路是依照服务资源分类结构,首先分别考虑概念间的语义相似度,然后根据相似度高低进行查询词的语义扩展^[6]。

在上述语义智能搜索算法中,关键技术是通过服务资源分类的三种方法和服务资源领域的知识本体技术相结合,根据本体概念描述建立足够强大的概念同义词服务资源词典,实现供需的主动匹配。在供需主动匹配过程中,由于 CloudManu 平台引入语义相似度匹配算法,概念描述将按照服务名称、信用等级、交易数据和执行过程结果四方面进行服务资源的关键字语义智能匹配,对一方提交的服务资源云搜索计算出最大值的的服务资源概念描述,最终在服务推荐列表中按照以上各方面的综合因子排列出供用户需要的服务资源数据^[7]。

于是,在服务资源领域中,领域本体需要对概念语义相似度进行定义。

定义 2 对于两个义原 p_1 和 p_2 ,记该概念语义相似度为 $Sim(p_1, p_2)$,其词语距离为 d ,则可以定义一个满足以上条件的简单转换关系:

$$Sim(p_1, p_2) = a/d + a. \quad (4)$$

式中 a 是一个可调节参数, a 表示当相似度为 0.5 时义原的语义距离值。

定义 3 设 X 和 Y 是本体层次树中的任意两个概念,则 $Distance(X, Y)$ 是从 X 到 Y 的语义路径长度, $Level(X)$ 是建立本体的概念 X 所处的层次, $Level(Y)$ 是建立本体的概念 Y 所处的层次, $|Level(X) - Level(Y)|$ 是概念 X 到概念 Y 的层次差距值。

基于以上定义,提出领域本体任意两个概念 (X, Y) 间的相似度计算公式如下:

$$Sim(X, Y) = \begin{cases} 1, X = Y; \\ \alpha \times \beta \times |NodeSet(X) \cap NodeSet(Y)| / \\ (Distance(X, Y) + \alpha) \times |NodeSet(X) \cup NodeSet(Y)| \times (\gamma \times |Level(X) - \\ Level(Y) + 1|), X \neq Y. \end{cases} \quad (5)$$

式中:当 $X=Y$ 时, $Sim(X, Y)=1$,任意两个概念与匹配的结果的相似度值为 1;当 $X \neq Y$ 时, $Sim(X, Y) = \alpha \times \beta \times |NodeSet(X) \cap NodeSet(Y)| / (Distance(X, Y) + \alpha) \times |NodeSet(X) \cup NodeSet(Y)| \times (\gamma \times |Level(X) - Level(Y) + 1|)$ 。

因此,服务资源领域本体通过 5 个基本原语进行建模:

(1)类或概念 指任何事务,如工作描述、功能、行为、策略和推理过程。从语义上讲,它表示的是对象的集合,其定义一般采用框架结构,包括概念的名称、与其他概念之间的关系集合以及用自然语言对概念的描述。

(2)关系 在领域中概念之间的交互作用,形式上定义为 n 维笛卡儿积的子集: $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$,如子类关系,在语义上关系对应于对象元组的集合。

(3)函数 一类特殊的关系。该关系的前 $n-1$ 个元素可以唯一决定第 n 个元素,形式化定义为 $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$ 。如 Mother-of 就是一个函数, $Mother-of(x, y)$ 表示 y 是 x 的母类。

(4)公理 代表永真断言,如概念 B 属于概念 A 的范围。

(5)实例 代表元素,从语义上讲实例表示的就是对象。

2 建立制造服务资源本体库

在 CloudManu 系统制造服务资源的研究过程中,采用 Uschold 和 King 等基于开发企业建模过程的 Enterprise Ontology 本体的经验中得出的骨架法,结合目前本体构建存在的如共享和重用性不足、忽视服务资源本体开发动态性等问题,改进了经典骨架法。该骨架法在建立过程中使用 middle-out 开发方式作为本体开发的指导方针,进而形成了 Enterprise Ontology 项目组中有关企业建模的研究过程^[8]。其开发过程如图 2 所示。

(1)确定本体应用的目的和范围 根据所研究的领域或任务,构建相应的领域本体或任务本体。

(2)本体分析 确立本体所有的概念及概念之间的属性关系,在该过程中需要领域专家的参与。

(3)本体表示 一般用语义模型表示本体。

(4)本体评价 评价本体的方式构建原则为基础。

(5)本体的建立 按照以上步骤,将达到标准的

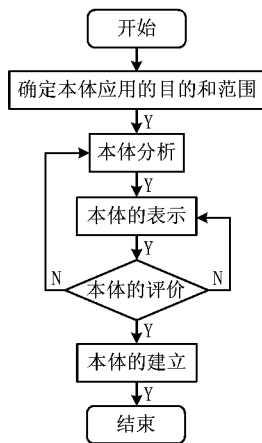


图2 骨架法建立流程图

本体以文件形式存储起来。

3 供需智能匹配引擎关键技术研究

在云制造模式下,对服务资源的发布、存储、数据挖掘和智能匹配,需要研究制造资源的地域分布、同义异名等问题^[9]。因此,建立规范化的服务资源本体是解决该问题的最佳方式之一。本文采用骨架法构建云制造服务资源本体,其步骤如下:

(1) 构建云制造服务资源本体的目标

作为制造行业的“淘宝”,CloudManu 系统在运行过程中主要涉及:①中小企业创建服务资源;②交易双方进行线上、线下交易。CloudManu 系统的共性引擎技术则在对服务资源进行分类存储后,对各个交易环节进行供需主动匹配处理,以避免不必要的人员和物力资源的浪费,同时最大化提高中小企业生产服务资源的调配。云制造服务资源的特性决定了 CloudManu 平台具有人机交互、资源透明、业务协同、服务模式多样化等特性。建立中小企业云制造服务平台制造服务资源本体库的目的就是在海量的制造企业的服务资源信息中准确查询、智能推理判断并自动获取最佳的供需双方服务资源,为企业用户提供广泛和精确的服务方案,在实现智能推理过程中为用户提供个性化服务^[10]。

(2) 定义服务资源本体类和类层次

本体类是大多数本体知识库中最主要和最基本的部分,是用来描述抽象领域的概念。类定义是指一个类的描述,包括类型定义、相关子类定义等。类具有继承性,子类可以继承分类的抽象特性。类层次定义有多种方法,这里首先定义领域中综合的、概括性的类,然后对其进行细化,即按自顶向下的方法进行。

云制造资源是制造企业在运行过程中一切活动和产品生命周期中所有资源的总称^[11],根据中小企业的需求特点,云制造服务平台所集成的制造资源分为硬件资源、软件资源和能力资源。

1) 硬件资源 指在云制造服务平台环境下,为用户提供服务租赁的设备。主要包括:①三维反求等产品研发类硬件资源;②数控机床、加工中心等加工制造类硬件资源;③高性能计算机、存储设备等计算机硬件资源。

2) 软件资源 指在云制造服务平台环境下,为用户提供产品全生命周期服务的可供租赁或买卖的软件系统,包括:①计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)、产品数据管理(Product Data Management, PDM)等研发设计类软件资源;②可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)、分布数控系统(Distributed Numerical Control, DNC)、制造执行系统(Manufacturing Executive System, MES)等生产控制类软件资源;③企业资源规划(Enterprise Resource Planing, ERP)、客户关系管理(Customer Relationship Management, CRM)、供应链管理(Supply Chain Management, SCM)等企业经营管理类软件资源。

3) 能力资源 指在云制造服务平台环境下,具有为用户提供成套解决方案的团队或知识库,包括市场咨询、产品研发中心、信息化服务提供商、工艺知识库、标准零件库和发明专利库等。

按自顶向下的方法概括云制造服务资源本体的概念层次树,其部分信息如下:

汽车配件→(传动系统、冷却系统、制动系统、轮胎、维修设备、车身及附件、车灯…)

车灯→(信号灯、照明灯)

信号灯→(转向灯、后雾灯、位置灯、制动灯…)

照明灯→(前照灯、仪表灯、拍照灯、门灯…)

…

采用本体编辑器工具,如 Protégé3.7(Stanford Medical Information,2003)对汽车配件行详细的本体描述,如图4所示。依据本文服务资源的详细说明,填充服务资源本体库的各种属性关系,如汽车配件的厂家是台州市 XXXX 模塑有限公司,详细地址为浙江台州市黄岩区,需求汽车配件数量为20件,发布服务需求的时间是2010年7月8日。

同时还需要填充与该实例相关的对象属性和数

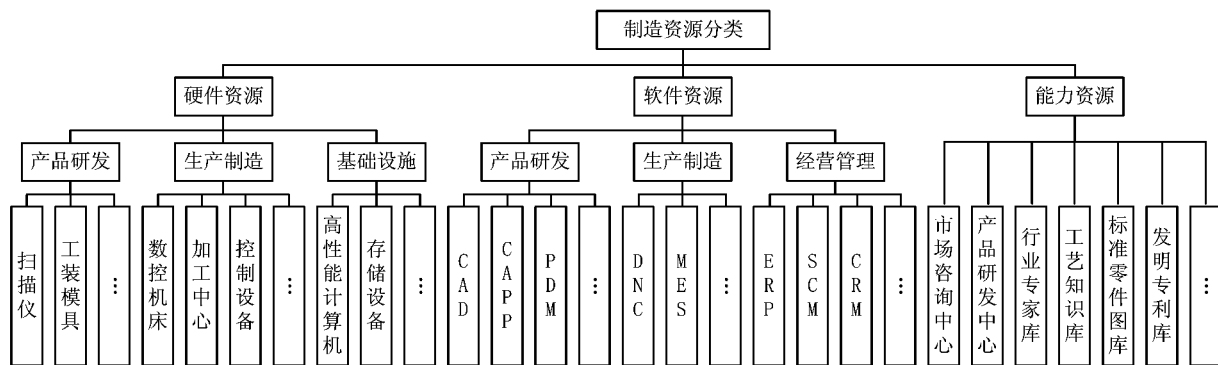


图3 制造资源分类图

据属性,如汽车配件厂家的服务类别、服务发布企业、服务属性和企业类别等^[12]。

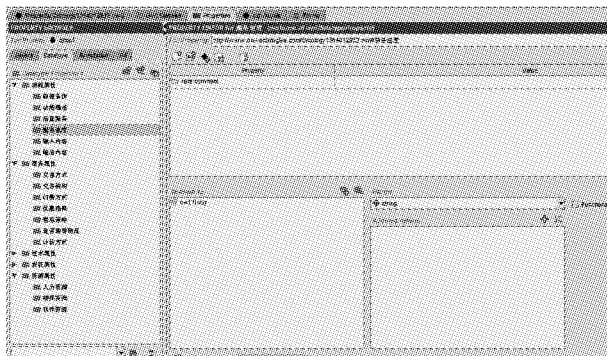


图4 汽车配件的制造资源属性分类图

(3) 定义服务资源类的属性

类只是概括性的,并不能细致地表达领域知识,因此要根据需求来描述定义类的部分属性。研究概念或类就是对云制造服务资源的特征进行分析,以便掌握制造企业所需要的服务资源并进行合理优化,最终满足企业需求^[13],其核心思想即“离散资源集中使用、集中资源分散控制”。因此,云制造资源的特征主要有:

1) 多样性和动态性 由于制造业涉及行业庞大、制造资源种类繁多、企业服务资源信息海量,需要统筹和优化企业内部资源,共享和协同制造资源和制造能力,实现基于知识的服务智能调度、配置等管理。在制造加工管理、设计、生产和检测过程中,生产服务资源之间由于其属性、需求等存在差异,产生的数据将呈现出动态性,这必将挑战企业的云搜索能力。

2) 抽象性与相似性 制造资源种类繁多,而且跨行业、多领域,从而制造资源需要按照相关原则进行抽象描述。虽然中小企业制造资源不同,但是云

制造服务资源本体的概念属性具有一定的相似性。

3) 广域性与异构性 随着全球制造业的繁荣,云制造资源的分布也受全球经济环境的影响,呈现全球各地区的区域性,分布于不同国家和地区,或者所分布的企业跨行业、跨领域。云制造资源的广泛性和分布性,导致对云制造资源的分析和描述呈现出异构性。

在云制造服务环境下,各种资源均标准化注册并发布于资源池中,以便供需能力主动匹配。为此,将云服务平台所涉及的制造资源进行标准化描述,其属性包括基本属性、功能属性、性能属性、状态属性、应用属性和评价属性。其中:

1) 基本属性 包括资源类型、资源编码、资源名称、资源型号、资源简介、资源拥有者和联系方式等;

2) 功能属性 包括功能类型、功能编码、功能简述等对制造资源功能的描述属性;

3) 性能属性 制造资源对满足用户需求的精度描述,包括性能类型、性能编码、资源可靠性、安全性、稳定性、加工精度和计算精度等;

4) 状态属性 对制造资源当前状态的描述,包括状态类型、状态编码、资源发布时间、有效期、硬件折旧率、软件版本号等;

5) 应用属性 包括制造资源提供服务的方式(离线应用或在线应用)和资源获取模式(免费、租赁或者购买);

6) 评价属性 包括功能评价、性能评价、状态评价、历史记录评价和服务商信誉评价等。

值得指出的是步骤(2)和步骤(3)在建立本体的过程中一般会出现重复迭代的过程,很难区分其先后顺序。而在现实开发中,则从以上制造资源属性中整合出独特的属性描述,图6是云制造服务资源属性的本体元模型表示。

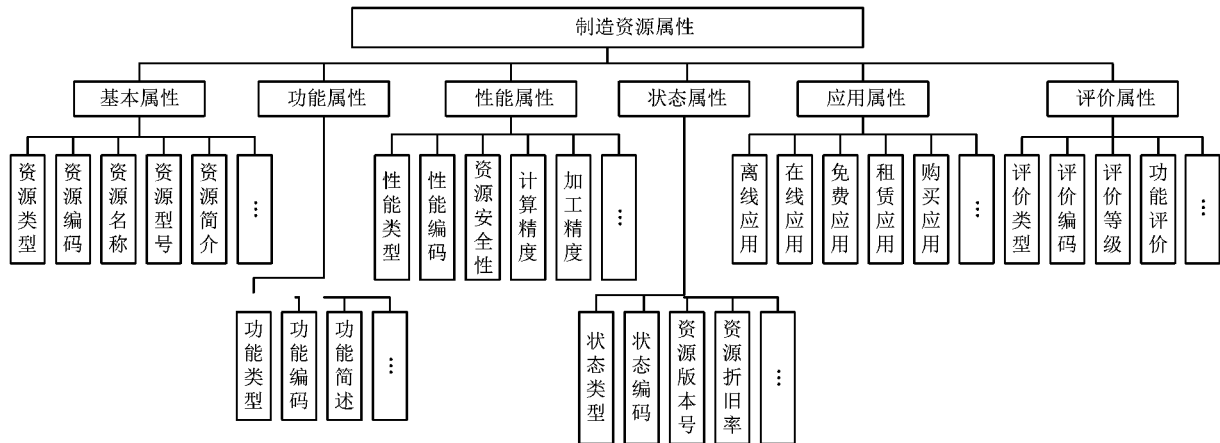


图5 制造资源属性分类图

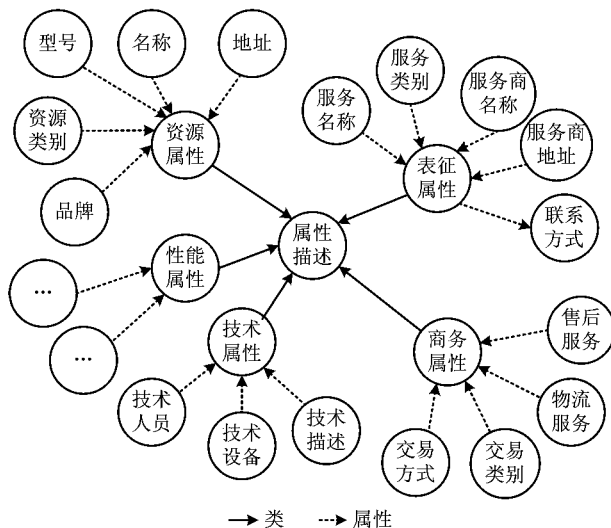


图6 云制造服务资源属性本体元模型图

(4) 枚举制造服务资源本体库的重要术语

枚举制造服务资源本体库的重要术语是为了明确中小企业制造服务资源的相关概念及其拥有的属性以及概念之间的关系。如何准确定义制造服务资源的概念、属性和关系,将直接影响匹配时相似度计算公式能否准确计算该术语的相似度值^[14],同时也对共性行业服务资源的分类产生影响。

下面是中小企业云制造服务资源平台中汽车/摩托车配件的术语列举:汽车配件、车灯具、信号灯、照明灯、前照灯、尾灯、转向灯、表征属性、资源属性、商务属性、所属类别、服务类别...

在建立的制造服务资源本体库中,对以上重要术语进行举例说明。例如汽车配件(auto spare parts)是构成汽车整体的各单元及服务于汽车的产品,其具体分类包括发动机配件、传动系配件、制动

系配件、转向系配件、驾驶系配件、火系配件、油系配件、冷却系配件、润滑系配件和电器仪表系配件等。

(5) 词义匹配

标准的词义匹配(linguistic match)是根据两个概念的名称对它们在语言学意义上的相似度进行评价,因此词义匹配建立在概念的命名具有实际意义的基础上。词义匹配算法中使用多种名称和字符串匹配方法,包括:①使用通用的 NGram 算法判断概念相似度;②使用 wordnet 词库进行同义词判断;③调用缩写词库进行缩写判断。在使用匹配算法之前对词汇进行必要的预处理,如对标点符号和大小写字母进行转换、滤掉停止字、提取词干或子串和去掉词缀等。在预处理方法和各种匹配算法执行之后,若任一种算法得到了完全匹配结果(匹配度为 1),则认为两个概念完全匹配;若所有算法都得出不匹配的结果(匹配度为 0),则两个概念不匹配;否则取非零匹配值的平均数作为概念的匹配程度。两个本体概念 X 和 Y 之间的距离需要通过分析来计算:

$$LingMS(wc, oc) = \begin{cases} 1, & ms_1 \vee ms_2 \vee \dots \vee ms_n = 1; \\ avg(ms_i), & (ms_i \neq 0, i \in I) \wedge (ms_j = 0, j \notin I); \\ 0, & ms_1 = ms_2 = \dots = ms_n = 0. \end{cases} \quad (6)$$

式中:wc 表示 WSDL 概念;oc 表示本体概念,为不同匹配算法得到的 wc 与 oc 的 Match Score。

4 服务资源供需智能匹配应用实现

对汽车/摩托车灯具、后视镜、塑料件和通用机械部件等服务资源建立相关概念同义词的服务资源词典,以便供需主动匹配。以汽车车灯应用为例说

明应用情况。

汽摩零部件新产品研发全过程涉及样件数据扫描、Imageware 点云处理、UG 反求设计、UGCAM 加工、数字控制(Numerical Control, NC)代码编程等软件资源,以及扫描仪器、机床、模具等大量的硬件资源,这些服务资源分散在异地各点,且这些企业大都只能局部提供汽摩零部件产品研发服务。然而,汽摩零部件新产品研发从产品反求设计、研发设计到生产制造是一个连续的、一致性的过程,虽然目前市场上形成了一批新产品研发集成服务提供商,但这些集成服务提供商由于受到技术、服务模式及运营管理等多方面因素的制约,导致新产品研发服

务能力不足、服务规模相对有限,新产品研发资源的供需智能匹配已成为广大汽摩零部件制造中小企业发展的瓶颈。因此,可在 Protégé3.7 环境中建立服务资源本体库。汽车配件依据选择的一个类,建立车灯具、后视镜、塑料件和通用机械部件等类,而车灯具又包括照明灯和信号灯两个子类,照明子类灯又包括照明灯、倒车灯、门灯等,信号灯子类包括转向灯、工作转向灯、转向信号灯等,在建立子类时,要创建约束(Create restrain)、对象属性(Object properties)和数据属性(Datatype properties)。同时,创建子类的一个实例^[15]。如图 7 所示是云制造服务资源中汽车车灯实例的 Jambalaya 图。

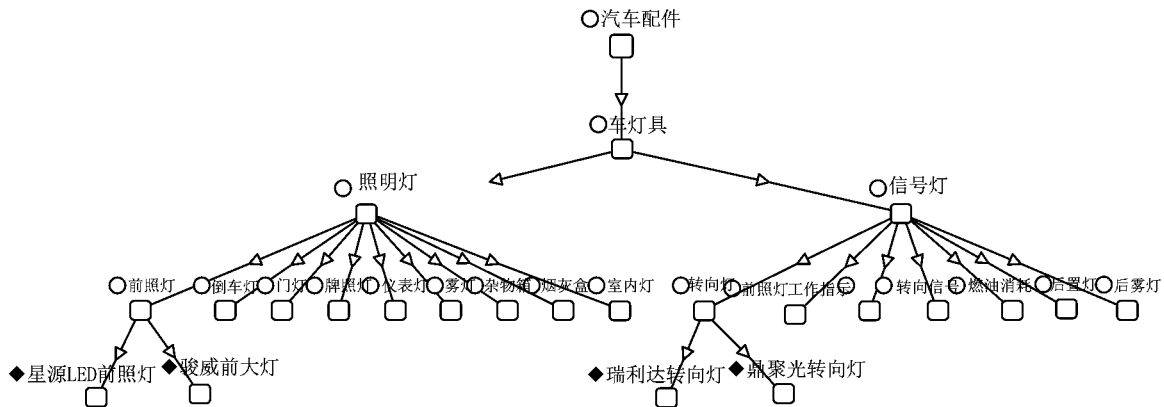


图7 汽车车灯具本体Jambalaya图

在图 7 中,“信号灯”与“照明灯”属同一级类且同属“车灯具”的子类,该语义值举例为 2;“前照灯”、“转向灯”等倒数第二层分别对应“信号灯”与“照明灯”的子类,两个概念的语义距离离根较远,可设为 3;最后一层可以看出是定义的个体(individual)。

$$Sim(\text{“信号灯”}, \text{“照明灯”}) = \frac{3 \times \alpha \times \beta}{5 \times (2 \times \beta)}; \quad (7)$$

$$Sim(\text{“前照灯”}, \text{“转向灯”}) = \frac{1 \times \alpha \times \beta}{3 \times (2 \times \beta)}. \quad (8)$$

由于 α 和 β 取正值, $Sim(\text{“照明灯”}, \text{“信号灯”}) > Sim(\text{“照明灯”}, \text{“转向灯”})$, 其反应深度对相似度有影响。

式(7)中,输入的关键字根据相似度算法计算,若相似度值小于设置的某个数值,则可以按照计算公式推理出所有相关的服务资源。

为了方便、快捷地搜索出需要的服务资源(即概念),在云制造服务平台供需智能匹配过程中,在设计上采纳了如图 8 所示的流程进行设计。

在 CloudManu 系统搜索服务资源时,从功能、

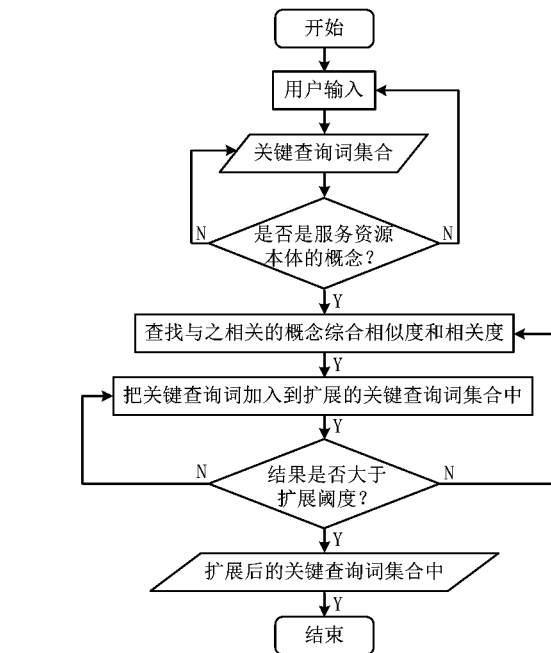


图8 关键字概念语义相似度和相关度的查询扩展流程示意图

数据、服务质量和执行四个方面进行关键字语义匹配。引入语义相似度匹配算法,将满足搜索条件的

记录最终形成服务推荐列表,供用户选择。

词义匹配过程中,通过相似概念计算获取的相似度数值可以达到搜索的要求^[16]。然而,基于相关度的查询扩展,服务资源本体无法避免概念与概念中关系的延伸(如图9)。



图9 云制造制造资源云搜索示意图

因此,通过以上计算方法,将语义匹配过程中概念之间综合关系的量化结果存储到过程中,当云搜索检索数据时,通过查找综合概念相似度和相关度的限制,获得扩展的查询,最终发送给搜索引擎^[17]。

在以上本体中,相关度的查询扩展包括上、下位关系和相关概念之间的节点计算。以下是汽车配件本体实例的部分 OWL 描述:

```
.....
<rdf:Description rdf:about="#服务类别">
<rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#表征属性"/>
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="#前照灯">
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#照明灯"/>
<rdfs:subClassOf rdf:nodeID="A0"/>
.....
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
</rdf:Description>
```

5 结束语

云制造服务的供需智能匹配不同于传统的电子商务的供需智能匹配,其云制造服务资源的复杂性和中小制造行业的特点决定了它的特殊性。随着云制造技术的不断发展,云制造服务理念终将取代各自生产的方式而成为制造领域的主流。云制造服务的供需智能匹配作为该平台的核心技术之一,决定了该平台能否便捷且强大地搜索并自动智能匹配出人们预想的结果,同时将决定云制造概念能否

普及以及功能的体验能否得到业界的认可,最终提高中小企业的生存竞争能力。云制造服务平台不仅是一种新的搜索服务资源平台,而且也将成为自动调配地区制造行业服务资源的手段之一。

参考文献:

- [1] YIN Chao, HU Weimin, LIU Fei. A running support system of application service provider platforms for new product development[J]. Journal of Chongqing University, 2008, 31(5): 505-510(in Chinese). [尹超,胡卫民,刘飞.新产品开发过程应用服务提供平台的运行支持系统[J].重庆大学学报, 2008, 31(5):505-510.]
- [2] LI Bohu, ZHANG Lin, WANG Shilong, et al. Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(1):1-7, 16(in Chinese). [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):1-7, 16.]
- [3] SONG Tingxin, ZHANG Chenglei, LI Chenghai, et al. A cloud manufacturing service platform for small and medium enterprises [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013, 31(6): 1278-1283(in Chinese). [宋庭新,张成雷,李成海,等.中小企业云制造服务平台的研究与开发[J].计算机集成制造系统, 2013, 31(6):1278-1283.]
- [4] SONG Tingxin, LIU Huimin, WEI Chunmei, et al. Common engines of cloud manufacturing service platform for SMEs [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, 73(1/2/3/4): 557-569.
- [5] JIANG Zilong. Research and realization of search engine on topic-specific based on ontology [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009(in Chinese). [蒋子龙.基于本体的专题性搜索引擎的研究与实现[D].武汉:武汉理工大学, 2009.]
- [6] GAN Jianhou, JIANG Yue, XIA Youming. Ontology and its application [M]. Beijing: Science Press, 2011(in Chinese). [甘健侯,姜跃,夏幼明.本体方法及其应用[M].北京:科学出版社, 2011.]
- [7] ZHANG Lijun, LI Zhanhuai, CHEN Qun, et al. Classifying XML documents based on term semantics [J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2012, 42(6): 1510-1514(in Chinese). [张利军,李战怀,陈群,等.基于关键字语义信息的XML文档分类[J].吉林大学学报:工学版, 2012, 42(6):1510-1514.]
- [8] WEI Chunmei, ZHANG Chenglei, HUANG Biqing. A cloud manufacturing service management model and its implementation [C]//Proceedings of 2013 International Conference on Service Science. Washington, D. C., USA: IEEE, 2013: 60-63.
- [9] LI Chenghai, HUANG Biqing. Cloud manufacturing service resources based on attribute description matching [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2014, 20(6): 1499-1507 (in Chinese). [李成海,黄必清.基于属性描述匹配的云制造服

- 务资源搜索方法[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(6): 1499-1507.]
- [10] BATRES R, WEST M. An upper ontology based on ISO 15926[J]. Computers and Chemical Engineering, 2007, 31(5/6): 519-534.
- [11] GAN Jianhou. Semantic Web and its applications-based on ontology, description logic, semantic networks[M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2007 (in Chinese). [甘健侯. 语义 Web 及其应用—基于本体、描述逻辑、语义网络[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2007.]
- [12] ZHANG Lin, LUO Yongliang, TAO Fei, et al. Key technologies for the construction of manufacturing cloud[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(11): 2510-2520(in Chinese). [张霖, 罗永亮, 陶飞, 等. 制造云构建关键技术研究[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(11): 2510-2520.]
- [13] PENG Hui, CHEN Limin, CHANG Liang, et al. Semantic Web service matching based on dynamic description logic[J]. Journal of Computer Research and Development, 2008, 45(12): 2102-2109(in Chinese). [彭晖, 陈立民, 常亮, 等. 基于动态描述逻辑的语义 Web 服务匹配研究[J]. 计算机研
- 究与发展, 2008, 45(12): 2102-2109.]
- [14] WEN Bin. Research on semantic Web knowledge reasoning based on description logic[D]. Kunming: Yunnan Normal University, 2005(in Chinese). [文斌. 基于描述逻辑的语义 Web 知识推理研究[D]. 昆明: 云南师范大学, 2005.]
- [15] LIN Han, HE Qinming. OWL based Webpage vision construct ontology and Web data mining[J]. Computer Engineering and Applications, 2004, 40(15): 157-160(in Chinese). [林菡, 何钦铭. 基于 OWL 的网页视觉结构本体表示和 Web 检索[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(15): 157-160.]
- [16] WU Xuejiao, LIU Xianhui. Description of cloud manufacturing service based on semantics[J]. Jisuanji yu Xiandaihua, 2012(197): 40-43(in Chinese). [吴雪娇, 柳先辉. 基于语义的云制造服务描述[J]. 计算机与现代化, 2012(197): 40-43.]
- [17] WANG Haidan, LI Jincun, LI Xiaodong, et al. Research on semantic description and ontology modeling of minor-enterprise-oriented cloud manufacturing services[J]. Manufacturing Automation, 2012, 34(4): 30-33(in Chinese). [王海丹, 李金村, 黎晓东, 等. 中小企业云制造服务描述与本体建模研究[J]. 制造业自动化, 2012, 34(4): 30-33.]

作者简介:

盛步云(1964—),男,湖南华容人,教授,博士生导师,研究方向:CAD/CAM/CAPP 数字制造技术等,E-mail:shengby@whut.edu.cn;
 张成雷(1985—),男,山东临沂人,博士研究生,研究方向:数字制造技术;
 卢其兵(1988—),男,河南固始人,博士研究生,研究方向:制造物联网、数字制造技术等;
 李新龙(1989—),男,甘肃兰州人,硕士研究生,研究方向:制造系统集成与信息化技术;
 程旭东(1987—),男,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向:制造过程信息化与自动化。