

6-4-2020

Research and Application of Cloud Manufacturing Service Platform for Crane

Yang Chen

1. *College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;* ;2. *College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;*

Zhongjie Wang

1. *College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;* ;

Zhaohui Liu

1. *College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;* ;

Nana Yu

1. *College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;* ;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Research and Application of Cloud Manufacturing Service Platform for Crane

Abstract

Abstract: Based on the research fruits of cloud manufacturing, the cloud manufacturing platform for crane was focused on. Based on the connotation analysis of the crane manufacturing, the key technologies of manufacturing resource access and cloud service modeling were discussed. *A multi-level dynamic matching model and a comprehensive matching algorithm were proposed. The construction and testing of the cloud manufacturing platform was carried out, and the future works were given.*

Keywords

crane, cloud manufacturing, service matching, ontology

Recommended Citation

Yang Chen, Wang Zhongjie, Liu Zhaohui, Yu Nana. Research and Application of Cloud Manufacturing Service Platform for Crane[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(6): 1351-1358.

面向起重机企业的云制造服务平台的研究与应用

杨琛^{1,2}, 王中杰¹, 刘朝辉¹, 于娜娜¹

(1. 同济大学电子与信息工程学院, 上海 201804; 2. 上海海洋大学工程学院, 上海 201306)

摘要: 为提高起重机制造企业的柔性制造能力、快速响应能力和协同制造能力, 论文将云制造“分散资源集中使用, 集中资源分散服务”的制造服务新模式引入起重机行业, 提出构建面向起重机企业的云制造服务平台。建立了基于 OWL-S 的制造资源本体模型, 通过形式化描述完成服务虚拟化封装; 针对云制造平台提出多层次动态匹配模型, 并针对不同匹配类型数据提出了综合匹配算法; 面向起重机制造中小型企业进行了云制造平台的构建和匹配算法仿真测试。

关键词: 起重机; 云制造平台; 本体; 服务匹配

中图分类号: TP391.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2017) 06-1351-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201706026

Research and Application of Cloud Manufacturing Service Platform for Crane

Yang Chen^{1,2}, Wang Zhongjie¹, Liu Zhaohui¹, Yu Nana¹

(1. College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;

2. College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the research fruits of cloud manufacturing, the cloud manufacturing platform for crane was focused on. Based on the connotation analysis of the crane manufacturing, the key technologies of manufacturing resource access and cloud service modeling were discussed. A multi-level dynamic matching model and a comprehensive matching algorithm were proposed. The construction and testing of the cloud manufacturing platform was carried out, and the future works were given.

Keywords: crane; cloud manufacturing; service matching; ontology

引言

起重机是工业生产的常用设备, 广泛应用于各个领域。我国起重机行业起步相对国外较晚, 但在冶金、能源、运输等基础工业的带动下发展迅猛。近年来起重机制造企业数量激增, 行业工业总产值屡创新高。但是起重机制造企业规模和能力良莠不齐, 随着市场竞争的日趋激烈, 逐渐暴露出行业弊

端: 企业研发能力不足、设计周期长、产业链协作能力低下、制造资源、能力分布不均等。这些问题制约着起重机制造业的发展, 因此各自为阵、单打独斗的生产模式必须改变, 需要寻求新的制造模式以期获得制造力、资源、业务等的深层次协作和全面共享。

近年来, 随着云计算、互联网等技术的推广和应用, 李伯虎等^[1]专家学者提出了云制造(Cloud Manufacturing, CMfg)这一新型的网络化制造模式。王中杰^[2]指出“云制造通过建立自治的、合理的和智慧制造云, 为用户提供按需获取的动态组合的制造服务, 实现制造资源的共享、优化与协同, 达到降低资源使用成本、提高资源利用效率的目的”。可



收稿日期: 2016-05-16 修回日期: 2016-08-25;
基金项目: 国家 863 计划(2011AA040502), 国家自然科学基金(710711160), 上海市基础研究重点项目(10JC1415300), 青浦区-同济大学科技合作项目(2011);
作者简介: 杨琛(1978-), 女, 四川, 博士生, 讲师, 研究方向为云制造、物联网技术、控制与优化调度。

<http://www.china-simulation.com>

• 1351 •

见,云制造是打破起重机制造行业现有局限性,提高行业产能、降低能耗实现绿色制造的有效手段。

本文立足起重机制造行业,基于云制造技术,建立面向起重机行业的云制造平台(以下简称云平台),从云平台中制造服务资源虚拟化建模、服务多粒度动态匹配以及云平台实现等方面进行了讨论。通过构建云平台,实现了制造资源的共享和服务的协同。

1 服务资源建模及形式化描述

云制造中,资源是一个广义的概念,包括制造活动、产品全生命周期涉及的全部软件、硬件和知识,包括研发设计、仿真测试、计算存储、制造设备、加工物料、物流服务等。资源的虚拟化是针对底层资源的共享,涉及到虚拟资源动态接入和虚拟资源的形式化建模。课题组在文献[3-4]中详细阐述了通过物联网技术实现制造资源的动态接入,这是云制造资源共享的前提和基础。

通过动态感知接口接入平台的制造资源及服务信息是异构、多样和动态的。另外,企业对制造资源及服务需求在描述上往往是模糊和不完备的。为了消除歧义,解决资源信息异构问题,课题组^[5]提出了基于本体的制造服务资源模型。针对起重机制造行业建立起重机领域本体,并利用 OWL-S 对资源服务进行形式化描述。

OWL-S^[6]是一种基于语义 Web 服务的本体语言,在顶层本体 OWL-S 中,每个 Service 类对应一个 Web 服务,并通过 ServiceProfile、ServiceModel 和 ServiceGrounding 3 个类实现 Web 服务的形式化描述。基于 OWL-S 描述云制造服务便于服务的发现、组合和互操作,为消费者提供高质量制造服务奠定基础。

定义 1 资源服务 云平台提供商提供的资源、能力服务,存储在云平台服务池中。云制造中一切资源皆服务,资源是服务,能力也是服务。其本体模型定义 5 元组:

$$CM_S = \langle S_Basic, S_Domain, S_Status,$$

$$S_Capability, S_Qos \rangle。$$

S_Basic 表示资源的基本信息,包括该服务的名称、简要描述、企业信息等; S_Domain 表示资源的领域; S_Status 表示资源的工作状态; $S_Capability$ 表示资源所完成的制造服务能力,包括了能力的功能、指标、输入输出信息,以及工艺环节之间的顺序; S_Qos 表示服务质量,包括服务成本、服务时间、服务质量、客户评价等。

定义 2 云制造资源服务形式化描述是:

$$CM_S = \{CM_SProfile, CM_SModel, CM_SGrounding\}。$$

$CM_SProfile$ 继承了 ServiceProfile 类,用于描述云制造服务概要,面向消费者提供云制造服务的基本信息,包括服务名,服务领域,服务能力,企业信息、服务价格、服务质量等; CM_SModel 继承了 ServiceModel 类,用于描述云制造服务过程,即服务具体实现细节:既有服务间的顺序、制约关系,同时包括了数据流、控制流等信息; $CM_SGrounding$ 继承了 ServiceGrounding,用于描述如何获取云制造服务,即描述服务的具体访问细节。

定义 3 制造任务 云平台消费商需要的制造服务需求,其本体模型定义为 5 元组:

$$CM_T = \langle T_Basic, T_Domain, T_Set, T_Capability, T_Qos \rangle。$$

式中, T_Basic 表示任务的基本信息,包括该制造任务的名称、简要描述等; T_Domain 表示制造任务所属领域; T_Set 表示任务分解后形成的多粒度任务集; $T_Capability$ 表示任务对制造服务的能力要求,例如制造内容、加工指标、输入输出信息; T_Qos 表示任务对服务的质量要求,包括价格、工期、评价等。

定义 4 云制造任务形式化描述是:

$$CM_T = \{CM_TProfile, CM_TSet, CM_TGrounding\}。$$

$MC_TProfile$ 是用于描述云制造任务的概要,面向平台提供云制造任务所需制造服务的基本信息,包括任务名,任务所需服务能力指标,企业信

息、服务价格、服务质量等; MC_TSet 是用于描述制造任务经过任务分解后的子任务集, 包括了子任务数量, 子任务 ID, 子任务间的相关性函数, 通过子任务集中的任务需求进行服务匹配; CM_TGrounding 是描述任务的访问方式和地址。

云制造任务和资源服务的形式化描述在类和属性值上是相对应的, 目的是方便后续的服务查找和匹配。

2 多层次动态服务匹配模型

云制造任务-服务匹配是一个复杂的多粒度多阶段的动态过程, 完成云制造服务的匹配需要多层次、多阶段去考虑。目前云制造服务匹配研究主要集中在单次匹配、静态匹配和消息结构匹配上, 往往忽略了任务的多粒度、多阶段和动态性, 从而导致匹配失败或匹配的服务在执行过程中无法完成任务要求。随着云制造服务数据量的陡增, 我们亟需一种高效、全面、经济的服务匹配模型出现, 以适应云制造的服务匹配需求。本文提出一种多层次、多粒度动态匹配模型, 如图 1 所示。匹配过程采用从任务中具有的最高层匹配层属性信息开始往下逐层匹配, 相似度达到规定阈值的资源可以进入下一层的相似度计算, 直到进行到

最后一层的匹配。匹配成功的云服务即时输出, 并按照相似度高低进行排序, 最终将相似度最高的服务推荐给消费商。

(1) 服务领域信息匹配(S_Domain)

主要从服务类型、行业等领域信息进行匹配, 快速过滤掉不相干的服务资源, 提高服务搜索效率。

(2) 基本描述信息匹配(S_Basic)

主要从服务名称、描述、限制等信息进行匹配, 找到符合制造任务目标的服务资源。

(3) 工作状态信息匹配(S_Status)

主要对服务资源的工作状态和任务的服务工期要求进行匹配, 搜索在任务要求工期内处于可用状态的服务资源。匹配过程中的状态过滤是粗粒度的, 即任务需求工期结束前处于空闲则认为可用, 到服务组合阶段再进行精确匹配。

(4) 能力服务信息匹配(S_Capability)

能力的匹配是服务匹配的关键, 主要从服务的性能指标、输入、输出、效果等参数信息进行语义匹配, 进一步过滤出满足能力要求的服务资源。

(5) 服务质量信息匹配(S_Qos)

在任务功能属性匹配成功的基础上, 对包括服务水平、制造规模、服务价格、时间成本、信誉度等 Qos 信息进行匹配。

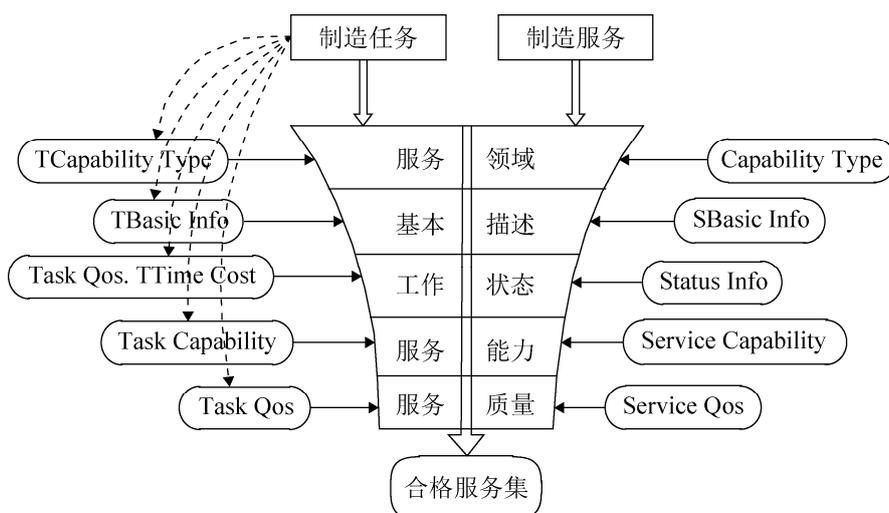


图 1 多层次动态服务匹配模型

Fig. 1 Multilevel dynamic service matching model

3 基于语义的制造服务匹配算法

3.1 基于本体综合相似度计算的概念型属性匹配

云制造中,制造服务搜索往往转化为任务需求与服务信息在基本描述、能力指标、质量参数等方面的相似度计算。相似度,即两个对象间的相似程度。传统的相似度计算常基于以下三种模型:基于概念距离的相似度计算、基于内容的相似度计算和基于属性的相似度计算。每一种模型都有其优势和局限性^[7]。其中,基于概念距离的相似度计算模型因其具有容易获取、计算简单方便的优点而应用广泛。但是,该模型的应用必须依赖于结合合理数据全面的本体构建。

概念型属性是指用文字进行描述的属性,可以从领域本体中查到其概念类,包括服务基本信息 TBasicInfo 中的服务名、服务对象等。例如服务名“汽车起重机”。本次课题面向起重机行业建立云制造服务平台,前期根据专家、标准及行业协会构建了起重机生产及制造的领域本体,具有较高的权威性、全面性和正确性。本文依托行业领域本体,以距离的语义相似度计算方法为核心实现服务匹配,同时综合考虑内容和属性对相似度为影响。通过综合相似度计算的匹配算法大大提高了服务匹配质量。

定义 5 语义距离 两个本体概念节点在本体树间的距离,距离越小,相似度越大。

语义距离在本体树中通过计算两个概念节点到共同最近祖先节点的距离之求得:

$$Dis(C_1, C_2) = L[C_1, A(C_1, C_2)] + L[C_2, A(C_1, C_2)] \quad (1)$$

式中: C_1, C_2 是指匹配过程中的服务信息描述本体概念; $A(C_1, C_2)$ 表示两个本体概念节点最近的共同祖先节点; $L[C_1, A(C_1, C_2)]$ 是节点 C_1 到最近共同祖先节点的距离长度,可以表示为:

$$L[C_1, A(C_1, C_2)] = \sum_{\substack{n \in path \\ (C_1, A(C_1, C_2))}} D(e, pa(e)) \quad (2)$$

式中: $path(C_1, A(C_1, C_2))$ 表示概念节点 C_1 与祖辈节点间最短路径上所有节点的集合; $path(C_1, D(e,$

$pa(e))$ 是每一个节点与父节点之间的距离。然而在复杂的应用环境中,仅仅考虑两概念在本体树中节点间的路径长度是不全面的,因此,本文综合考虑节点深度、密度、概念关系、属性对语义距离的影响,通过定义权重计算其语义距离:

$$W(e, pa(e)) = WD \times WT \times WS \times WR \quad (3)$$

WD、WT、WS、WR 是影响有向边权重的 4 个影响因子,接下来加以详细讨论。

因素 1 节点深度影响因子(WD)服务本体节点在本体层次结构树中的深度。在本体结构树中,两个概念节点的共同祖先节点的深度越深,则它们之间的概念相似度越大。

根据文献[8]的权重分配方式,对中第 n 层节点的边的权重定义为:

$$WD(e, pa(e)) = \sum \frac{1}{2^n} \quad (4)$$

n 越大,表明节点所处本体树层次越深,WD 值越高,对边的影响越大。

因素 2 节点密度(WT)概念节点所在本体树中所处层密度越大,对有向边权重影响越大。

基于文献[7]提出密度的权重定义:

$$WT(e, pa(e)) = \frac{OD(pa(e)) + OD(e) + \theta}{OD(\Omega)} \quad (5)$$

式中: $OD(G)$ 是层次网络图的出度; $OD(e)$ 是概念节点 n 的出度; $OD(pa(e))$ 是节点 n 的父节点的出度; θ 是调节因子。

$$WS(e, pa(e)) = \frac{C(Atr(e) \cap Atr(pa(e)))}{C(Atr(e) \cup Atr(pa(e)))} \quad (6)$$

因素 3 属性共享(WS)两个概念的共享属性越多越相似。

$Atr()$ 表示概念节点的属性结合;

$C()$ 表示统计属性的个数。当两个概念拥有相同的概念属性时,即 $WS=1$, 认为两个概念相同; $WS=0$, 认为概念完全无关。

因素 4 关系类型(WR)在本体概念之间,存在多种类型的关系,不同类型的关系对有向边的权重影响不同。

$$WR(e, pa(e)) = \begin{cases} 1, & (\text{is_byname, has_a}) \\ 0.9, & (\text{is_a}) \\ 0.6, & (\text{part_of}) \end{cases} \quad (7)$$

从式(7)中可以看出, 当二者是同义关系时, 两个概念相同。

综合考虑以上因素, 从式(6)、(7)中可以看出, 当 $WR=1$ 时, 我们可以推论出两个概念是相同的, 语义距离是 0, 此时其他两个因素将不对权重做影响; 大大简化了计算过程。基于以上分析, 我们对有向边的权重作如下定义:

$$W(n, pa(n)) = \begin{cases} 1, & WR=1 \\ WD * WT * WS * WR, & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

$W(e, pa(e)) \in [0, 1]$, 值越大, 表明两概念间有向边越短, 相似度越大。

因此, 在综合权重影响下的两节点间语义距离为:

$$D(e, pa(e)) = \frac{1}{W(e, pa(e))} - 1 \quad (9)$$

因此我们可以得到基于多影响因子综合相似度计算公式:

$$Sim = \frac{1}{Dis(C_1, C_2) + 1}$$

当 $Dis(C_1, C_2)=0$ 时, $Sim=1$, 表明节点 C_1, C_2 之间的语义距离为 0, 两个概念属于相同概念完全相同, 例如同义别名的情况, 完全匹配; 当 $Dis(C_1, C_2)=\infty$ 时, $Sim=0$, 说明两节点间几乎没有关联, 他们的相似度为 0, 匹配失败。

3.2 基于 ASL 的 Qos 匹配

服务质量匹配是对云制造任务与资源服务之间包括服务价格、执行时间、信誉度、信赖度和历史评分等 Qos 信息的匹配。云制造服务消费者需要通过 Qos 的匹配获取符合要求云制造服务, 由于服务双方都以获取各自利益最大化为目的, QoS 综合性匹配在云制造中至关重要^[9]。由于服务提供商在服务注册或消费者在提交服务需求时, 有些质量信息要素会缺失, 造成数据稀疏, 从而使匹配不成功或者匹配率低下。因此我们创新性的提出在云制造服务 Qos 匹配中采取基于 ASL 的

Qos 匹配算法, 以此在 Qos 数据稀疏情况下保证匹配质量, 提高匹配率。

假设 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ 为制造云池中功能相同或相似的候选的云服务集合, 表示 $S_i = \{q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{in}\}$ 服务 S_i 的 QoS 属性值, 那么所有候选的云服务的 QoS 属性值的信息可以表示为式(10):

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

所有 QoS 属性值经过标准归一化处理之后得到式(11):

$$Q^* = \begin{pmatrix} Q_{11}^* & Q_{12}^* & \dots & Q_{1n}^* \\ Q_{21}^* & Q_{22}^* & \dots & Q_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ Q_{m1}^* & Q_{m2}^* & \dots & Q_{mn}^* \end{pmatrix} \quad (11)$$

在 Qos 属性值中, 可信度或其他属性值有可能是缺失的, 比如对制造资源的评价, 因此 Qos 属性矩阵常常存在数据稀疏的问题。为了有效的解决这一问题, 使服务质量匹配建立在数据真实和完整的基础上我们提出利用基于 ALS^[10]的矩阵分解推荐方法, 从全局的角度训练模型, 通过隐语义因子预测服务质量缺失项属性。

对于已归一化处理后的任务-资源质量矩阵 S' , 需要找到一个低维的矩阵 X , 使其与 S' 矩阵接近, $S' \approx X = U^T V$ 。

其中, $U \in IR^{l \times m}, V \in IR^{l \times n}$, l 表示隐语义因子的个数, 一般情况下, $l \ll r, r \approx \min(m, n)$, 那么系统的复杂度就会从 $O(mn)$ 降低到 $O((m+n) \times k)$ 。

该方法不仅在一定程度上解决了协同过滤中的数据稀疏问题, 而且还能很好的扩展到分布式计算中以提高计算速度。

本文采用余弦相似度法^[11]来计算服务质量的匹配度。在云制造平台系统中, 如果把任务需求和云服务发布项目的评分看作是一个 n 维向量, 任务 x 提交的需求向量和云服务发布的评价向量分别为 X, Y , 则任务 x 和云服务 y 的余弦相似性公式:

$$QM(S_Q, T_Q) = sim(x, y) = \frac{X \times Y}{\|X\| \times \|Y\|} = \frac{\sum_{q=1}^n R_{x,q} R_{y,q}}{\sqrt{\sum_{q=1}^n R_{x,q}^2} \sqrt{\sum_{q=1}^n R_{y,q}^2}} \quad (12)$$

式中： R_x, R_y 分别代表任务 x 和云服务 y 对服务质量中任意属性 q 的 QoS 评价。

4 多层次综合匹配算法

总算法 Matching(T,S)

START:

//获取云制造任务信息 INPUT

T=InfoGET{((TaskID, TBasicInfo,
TaskCapability, TaskQos, TaskEnterprise)
), MCM_TaskSet, CM_TaskGrounding};

//获取云制造服务信息 INPUT

① for each S in ServicePool do:
S= InfoGET { ServiceID, BasicInfo, QOS,
StatusInfo, ServiceCapability,
ServiceEnterprise, OtherInfo };

//服务匹配集为空

MatchingServiceSet=Emptyset;

//匹配阈值赋值

ThValue=THSet;

//5 层次匹配

Match1(); Match2(); Match3();
Match4(); Match5();

// 匹配成功赋值输出 OUTPUT

MatchingServiceSet ← ServiceID, SimValue
Continue till S=∅

算法 1 Match1() //服务领域匹配

If T_Domain=∅

goto next match; //当匹配信息空认为发生数据缺失情况, 根据动态机制自动跳过本次匹配, 直接进入下一层次匹配。

else DM= Match(S_Domain, T_Domain);

If (DM=1)

Go to match2 //成功, 进入下一层匹配

Else continue //领域不匹配直接结束本次多层次匹配, 返回①, 进入下一个服务匹配循环。

算法 2 Match2()//服务基本描述信息匹配

If T_Basic= ∅;

goto next match;

Else Match2();

BM= Match(S_Basic, T_Basic);

Comput WS, WR

If (WR=1 or WS=1)

Sim=1; Go to match3

Else Comput WD, WT

Comput Sim(S_Basic, T_Basic)

If (Sim> ThValue)

Go to match 3

Else continue

算法 3 Match3()//服务工作状态匹配

If T_Status= ∅

goto next match;

else STuM= Match(S_Status, T_Status);

If (STuM =1)

Go to match4

Else continue

算法 4 Match4()//服务能力指标匹配

If T_Capability= ∅

goto next match;

else CM= Match(S_Capability, T_Capability);

Do the same as match 2

//按照算法进行能力参数相似度

If (CM > ThValue)

Go to match5

Else continue

算法 5 Match5()//服务质量匹配

If T_Q=∅

goto next match;

else QM= Match(S_Q, T_Q);

Invoke Matlab Comput QM(S_Q, T_Q)

If (QM> ThValue) end.

5 应用实例

基于上述思想, 面向起重机企业设计并建立了云制造服务平台。云平台采用 java 语言, MyEclips

开发工具实现, 并采用 Matlab 实现匹配算法开发。基于 Protégé4+OWLPlugin 建立起重机制造资源领域本体和云制造服务本体, 如图 2 所示。

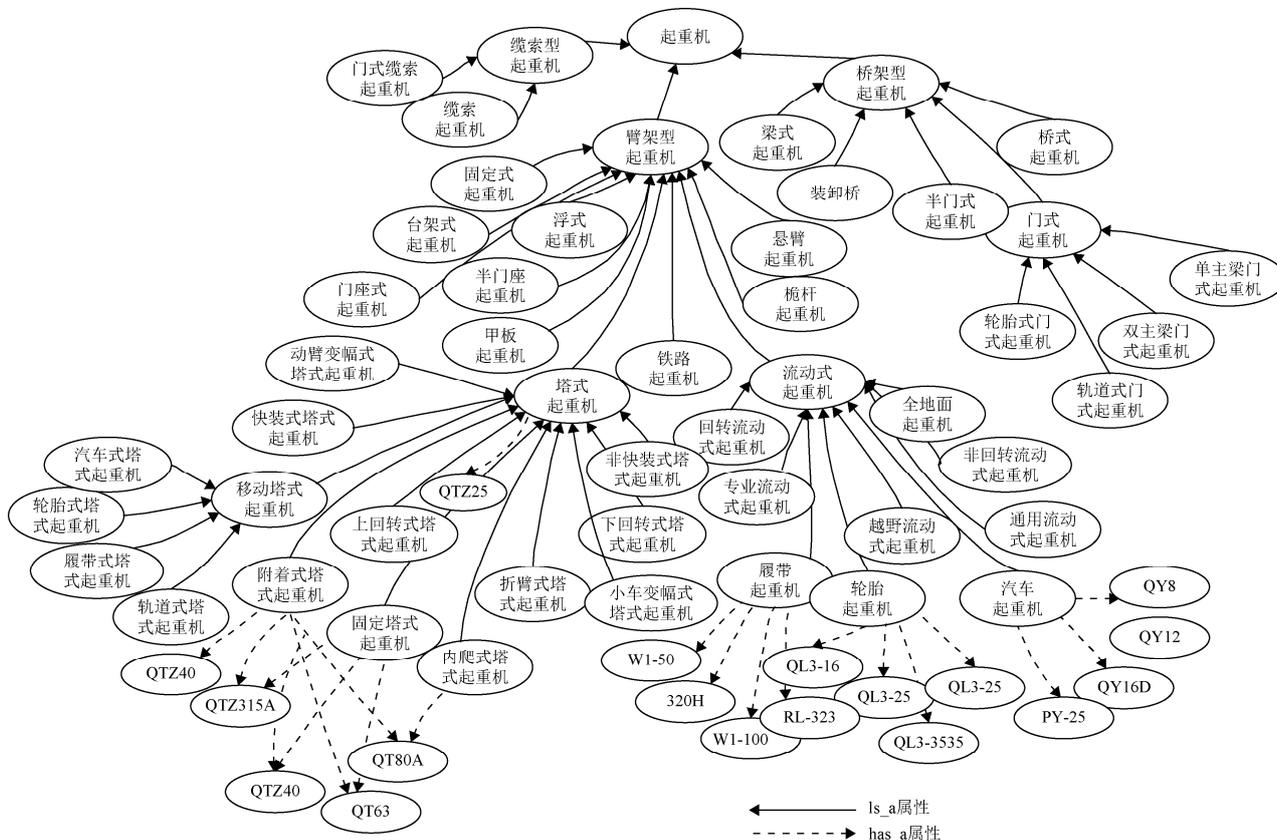


图 2 起重机领域本体片段
Fig. 2 The fragment of domain ontology in crane

我们以云平台上起重机整机采购为实例:

(1) 上海某机械设备贸易公司在云平台上注册并发布产品信息, 形成云制造资源服务 $S_1 = \{“SHP00102”, “整机产品”, “起重机 QY12”, “库存>15”, “上海**起重机设备厂”, “联系电话 021****”, “企业资质优等”\}$ 。

(2) 上海某公司在云平台上申请并发布起重机采购需求, 形成云任务 $T_1 = \{“产品设备”“汽车式起重机”, “工作半径 3.5 m”, “起重量 7 t”, “起升高度 6 m”, “数量 10”, “工期 2 个月”, “江浙沪范围”, “优质企业”\}$ 。

(3) 服务查找匹配。平台对服务及请求进行语义解析后进行多层次动态匹配, 结果如表 1 所示。

表中可见该服务 S_1 与任务 T_1 匹配。通过大量的云平台测试, 基于多层次动态的匹配算法, 可以大大提高查询效率, 同时增加服务匹配的查全率。

表 1 任务-服务匹配情况
Tab. 1 Task-Service matching

层次	匹配对	匹配度
Match1	(汽车起重机), (起重机, QY12)	1
Match2	(产品设备), (SHP00102, 整机产品)	0.92
Match3	(工期 2 个月), (库存>15, 现货)	1
Match4	(工作半径 3.6 m), (QY12.工作半径)	1
	(起重量 7 t), (QY12.起重量)	1
	(起升高度 7 m), (QY12.起升高度)	1
Match5	(江浙沪范围, 优质企业), (上海, 企业资质优等)	0.9

注: QY12 型起重机性能指标由领域本体获取。

6 结论

云制造是制造业发展趋势。本文研究了起重机云制造平台,讨论了云制造平台的关键技术,着重对服务形式化建模和动态匹配进行了探讨。本文开发了原型系统,进一步验证了本文所提出的云制造平台的可行性、高效性和敏捷性。关于服务的组合和优化调度有待于后续工作继续研究和探讨。

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(2): 1-8. (Li Bohu, Zhang Lin, Wang Shilong, et al. Cloud manufacturing: a new service-oriented manufacturing model [J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2010, 16(2): 1-8.)
- [2] 王中杰, 杨琛, 张新, 等. 云制造环境下生产加工云能力服务 [J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1453-1460. (Wang Zhongjie, Yang Chen, Zhang Xin, et al. Clouds capability of production and processing in cloud Manufacturing. Computer Integrated Manufacturing System, 2012, 18(7): 1453-1460.)
- [3] 王旭, 王中杰. 基于TCP/IP协议栈的嵌入式网络控制系统设计 [J]. 系统仿真技术, 2011, 7(1): 54-57, 76. (Wang Xu, Wang Zhongjie. Design of embedded networked control system on TCP/IP Protocol [J]. System Simulation Technology, 2011, 7(1): 54-57, 76.)
- [4] 汪浩, 王中杰, 谢璐璐. 基于Internet的软件虚拟化方法及应用 [J]. 系统仿真技术, 2015, 11 (1): 21-26. (Wang Hao, Wang Zhongjie, Xie Lulu. Design of embedded networked control system on TCP/IP protocol [J]. System simulation technology, 2015, 11(1): 21-26.)
- [5] Chen Yang, Zhongjie Wang. Research on The Cloud Manufacturing Service Discovery for Industry Manufacturing System based on Ontology [C]// Advanced Materials Research, 2013, 712/715: 2639-2643.
- [6] David Martin. The OWL Services Coalition OWL-S: Semantic Markup for Web Services [EB/OL]. (2004-11-24) [2016-04-06]. <http://www.w3.org/Submission/2004/SU-BM-OWL-S-20041122/>
- [7] 黄果, 竹荣, 周亭. 基于领域本体的语义相似度计算研究 [J]. 计算机工程与科学, 2007, 29(5): 112-116. (Huang Guo, Zu Rong, Zhou Ting. Research on the Domain-Ontology-Based Semantic Similarity Computing [J]. Computer Engineering & Science, 2007, 29(5): 112-116.)
- [8] 李淑芝, 杨刚, 杨书新. 一种基于本体概念相似度的语义Web服务匹配算法 [J]. 微型机与应用, 2009, 28(15): 57-60. (Li Shuzhi, Yang Gang, Yang Shuxin. Matching algorithm of semantic Web service based on similarity of ontology concepts [J]. Microcomputer & ITS Application, 2009, 28(15): 57-60.)
- [9] Moser O, Rosenberg F, Dustdar S. Non-intrusive monitoring and service adaptation for WS-BPEL [C]// Proceeding of the 17th International Conference on World Wide Web. Beijing, China: DBLP, 2008: 815-824.
- [10] Pan R, Zhou Y, Cao B, et al. One-class collaborative filtering [C]// Data Mining, 2008, ICDM'08, Eighth IEEE International Conference on. USA: IEEE, 2008: 502-511.
- [11] 向志明. 面向海量用户行为数据的并行个性化推荐算法的研究与实现 [D]. 北京: 北京交通大学, 2012. (Xiang Zhiming. The Research and Implementation of Paralled Personalization Recommendation Algorithm for Large-scale User Behavior Data [D]. Beijing, China: Beijing Jiaotong University, 2012.)
- [12] 曹中红, 陈基漓, 周峰. 基于OWL-S的语义Web服务匹配算法 [J]. 山东理工大学学报(自然科学版), 2011, 25(2): 64-67. (Cao Zhonghong, Chen Jili, Zhou Fen. OWL-S based semantic Web services matchmaking algorithm [J]. Journal of Shandong University of Technology(Natural Science Edition), 2011, 25(2): 64-67.)
- [13] 邱田, 胡晓惠, 李鹏飞, 等. 基于OWL-S的服务发现语义匹配机制 [J]. 电子学报, 2010, 38(1): 42-47. (Qiu Tian, Hu Xiaohui, Li Pengfei, et al. A Semantic Match making System Mechanism for Web Service Discovery Based on OWL-S [J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(1): 42-47.)