

基于制造业多粒度模型下的流程优化组合

李路达, 刘 鸣, 满君丰, 彭 成

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 在多粒度模型下对4个服务质量因子进行了性能的评估, 并且根据实际云制造的生产情况引入了距离因子, 并跟原有的性能描述进行对比。结果表明: 引入了距离因子以后, 表现出的服务组合性能和原始服务组合性能有所不同, 这种表现更接近实际情况。

关键词: 云制造; 多粒度制造资源; 服务质量因子; 服务组合

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2016)01-0041-06

The Process Optimization Composition Based on Manufacture Multi-Granularity Model

LI Luda, LIU Ming, MAN Junfeng, PENG Cheng

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Evaluated four QoS factors on the multi-granularity model, introduced the distance factor based on actual cloud manufacturing production and compared with the original performance description. The results showed that: after the introduction of the distance factor, the expressed service composition performance was different from the original, which is more close to the actual situation.

Keywords: cloud manufacturing; multi-granularity manufacturing resource; QoS; service composition

1 研究背景

不同的制造企业在生产中会呈现不同的业务, 同时也经营不同的产品, 而且在不同的行业之间他们的业务也有所不同, 衍生了种类繁多的业务, 从而引发制造资源难以计数, 形成类似于数据库一样巨大的资源池。因为资源的种类形态繁多, 功能也各有所异, 所以可以对这些不同种类的制造资源进行分类处理^[1]。不同的业务粒度一般体现在制造生产中产生的制造资源, 根据企业的等级制度来区分级别, 不同的级别所具有的业务粒度也有所不同, 资源业务功能的不同也能够进行分类^[2]。无论资源如何分类, 这些资源都在相对固定的业务流程场景中各司其职, 并随着业务流程完成整个项目。所以, 对于制造资源可以基于流程来进行分类^[3]。云制造

企业不仅很重视自身的业务流程, 而且同样也重视与其合作的外部企业的业务流程与其本身的协同组合, 这种组合需要适应市场的变化以提高企业的制造能力, 这样就会引起协同企业的业务流程种类增加, 形成极大的流程库。然而在实际生产制造过程中, 一般企业往往都有自身固定的业务流程、业务知识和业务过程, 它们就是使这些企业成为核心竞争力的基石, 如果把它们其中某个成员替换掉, 有可能会使其生产能力削弱。所以, 要让这些资源在业务流程中发挥到应有的作用, 就需要对它们进行建模, 然后进行应用^[4]。

焦燕廷^[5]研究了在本体语义中基于 Web 服务匹配方法, 从一般的输入和输出方面去实现匹配, 并且提出了在服务质量的基础上进行 QoS (quality of

收稿日期: 2015-11-08

作者简介: 李路达 (1989-), 男, 湖南湘乡人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为网络化软件, E-mail: 279034215@qq.com

service, QoS) 匹配。郭媛香^[6]提出了以动态的方式来描述语义的逻辑,它是基于 Web 服务描述和服务匹配方法。王有刚^[7]研究了基于语义的 Web 服务发现和组合技术,并创建了一种在计算机之间能够互相充分表示 Web 服务语言;基于这种 Web 服务语言,他在 Web 服务的模型或者体系结构中提出了能够使服务之间自发进行发现、选取、执行和组合的方法。以上研究都是针对 Web 服务的研究,本文围绕多粒度资源模型来研究基于云制造服务的流程组合,相对于 Web 服务的资源模型有所不同,而且对资源的组合也存在一些不同的要求,并针对流程多粒度的情况,探讨基于多粒度资源统一模型下的流程优化组合。

2 流程优化组合问题描述

多粒度资源统一模型(multi-granularity resource, MPR)指的是粗粒度资源或者单粒度资源的一致描述。粗粒度资源指的是由多个流程活动所组成的资源,而且这多个流程活动是整个业务流程中的一部分或者全部,可以将其看作一个整体,某个资源的输入是该段流程的第一个流程资源的输入,同样输出也是该段流程最后一个的输出,该段流程也可以是全部的流程^[8]。

在多粒度资源统一模型的基础上,研究多粒度模型下的流程优化组合技术,能够从业务流程的角度实现资源的优化配置。为了突出从业务流程的角度去影响流程复合制造资源的优势特征,引入了服务质量因子的描述来完成服务的组合,并在流程组合过程中考虑外界因素的影响(本文仅考虑距离因素)而引起的服务组合的性能变化,从而优化流程的组合。

2.1 流程资源形成的条件

流程复合制造资源形成的条件是,制造企业自身活动的某一段流程或者与其协同企业的一段流程,其流程资源的联系要紧密、业务要比较固定、要具备流程优势。

基本流程资源图如图 1 所示,复合流程资源图如图 2 所示。 c_1, c_2, c_3 分别为并行、选择和循环结构,其余部分为顺序结构。其中图 2 的 A_1 是由图 1 的 a_2, a_3, a_4 和 a_5 几个流程活动组成,是对它们组成这段流程的简化,其中 a_2 和 a_5 为首尾活动。结合图 1 和图 2, a_2 的输入表示 A_1 的输入, a_5 的输出表示 A_1 的输出; A_2 由 a_6 和 a_7 组成,其中 a_7 表示循环结构,该流程片段的 a_6 和 a_7 表示首尾活动, a_7 的输出就是最后一次

的循环结果,其中 a_6 的输入表示 A_2 的输入, a_7 的输出表示 A_2 的输出。通过对片段流程的简化,能够更方便地进行服务组合性能评价。

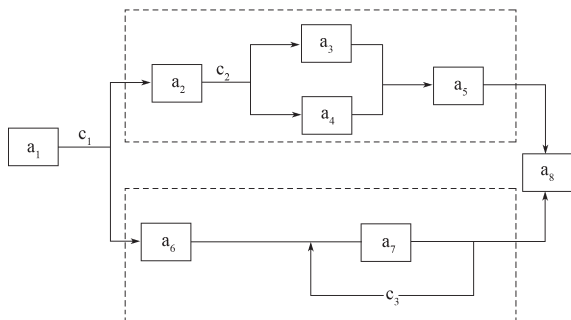


图 1 基本流程资源构建

Fig. 1 Basic process resource construction

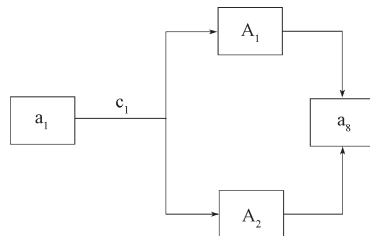


图 2 复合流程资源构建

Fig. 2 Composite process resource construction

2.2 多粒度组合优化

本文讨论的问题是可行的流程服务组合,在多粒度模型下,利用服务质量因子(QoS)来评价流程组合服务的性能。多粒度制造服务的 QoS 模型在流程片段上对资源整体的表现形式。一般用户往往有其需求偏好,即对某个侧重的服务质量因子分配较大的权值,如服务的执行时间、执行价格等(所有服务质量因子权值之和为 1)。服务组合的问题是存在多个解的,针对不同的流程所得出的解也有所不同,从这些解中很难选择出用户心目中的最优解,这时就需要根据用户的个人偏好去选择。所以,为了找到最优解,首先根据用户的偏好将其引入到目标公式中(本文采用顺序结构的流程来求解),然后将多目标问题简化成了单目标问题来进行求解,从而得到一个最优解^[9]。

MPR 表示服务在多粒度模型下的组合, $f(MPR)$ 表示在此模型下的组合性能,其优化公式的表示如下:

$$\max(f(MPR)) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot q_i. \quad (1)$$

式中: q_i 为第 i 个服务质量因子;

w_i 为 q_i 的用户偏好权值之和,且满足 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

由于一些用户会对 QoS 因子有一定的偏好,所

可以对这些质量因子给以一定的限制条件。如果设置了限制条件,可以把这些条件带入求解模型中。常用的时间 t 和成本 c 作为约束因子,以下式子是对总时间和总成本进行阈值限定:

$$\sum_{i=1}^m q_i' \leq \alpha, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m q_i^c \leq \beta. \quad (3)$$

式(2)~(3)中 α 和 β 分别为时间和成本限定的阈值。

因此,制造服务的多粒度组合问题的求解模型由式(1)~(3)组成^[10]。

3 流程组合服务 QoS 计算方法

3.1 基本的 QoS 计算方法

多粒度服务的 QoS 计算,采用基于个体活动的质量因子进行近似计算,这是一种虚拟的计算结果,记为 QoS_L^{dummy} 。表1为 QoS 组合计算式。

表1 QoS 组合计算式

Table 1 The computing formula for QoS combination

指标	串联	并联	选择	循环
时间 t	$\sum_{i=1}^n T_{ws_i}$	$\max(T_{ws_i})$	$\sum_{i=1}^n \alpha_i T_{ws_i}$	$k \sum_{i=1}^n T_{ws_i}$
成本 c	$\sum_{i=1}^n C_{ws_i}$	$\sum_{i=1}^n C_{ws_i}$	$\sum_{i=1}^n \alpha_i C_{ws_i}$	$k \sum_{i=1}^n C_{ws_i}$
可用性 a	$\prod_{i=1}^n S_{ws_i}$	$\prod_{i=1}^n A_{ws_i}$	$\sum_{i=1}^n \alpha_i A_{ws_i}$	$\frac{1}{k} \prod_{i=1}^n A_{ws_i}$
信誉度 s	$\prod_{i=1}^n A_{ws_i}$	$\prod_{i=1}^n S_{ws_i}$	$\sum_{i=1}^n \alpha_i S_{ws_i}$	$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \alpha_i S_{ws_i}$

表1中, ws_i 表示虚拟服务,它们可以为单粒度,也能够是多粒度服务, n 表示模块中的服务数目,选择结构中的 α_i 表示 ws_i 是否被选择,循环结构的 k 表示循环次数, t, c, a, s 分别表示服务时间、服务成本、服务可用性和服务信誉度。

ws_i 这种多粒度组合,由若干个多粒度或者单粒度混合而构成一条制造业务流程图,它能够包含多个路径,如图3所示。图中的每一个长方框表示一个虚拟服务,而其内部的条形框则表示它所包含的业务活动,多粒度服务是由多个活动构成的业务流程逻辑,单粒度服务则只包含单一的过程活动(单粒度为多粒度的特殊情况)^[11]。

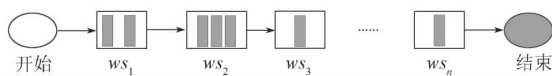


图3 多粒度服务组合示例

Fig. 3 Examples of multi-granularity service composition

根据流程控制的结构和单个 QoS 因子进行计算。在此多粒度组合模型下,分别对效益指标和成本指标进行求解:

$$Q_1 = \begin{cases} \frac{q - q_{\min}}{q_{\max} - q_{\min}}, & q_{\max} \neq q_{\min}; \\ 1, & q_{\max} = q_{\min}; \end{cases} \quad (4)$$

$$Q_2 = \begin{cases} \frac{q_{\max} - q}{q_{\max} - q_{\min}}, & q_{\max} \neq q_{\min}; \\ 1, & q_{\max} = q_{\min}. \end{cases} \quad (5)$$

式(4)~(5)中: q 为当前服务所选择的值;

$q_{\max}, q_{\min}$ 分别为服务组合候选集合中的最大值和最小值;

Q_1 为效益型指标;

Q_2 为成本型指标。

下式表示原始 QoS 矩阵:

$$QoS = \begin{pmatrix} q_1^t & q_1^c & q_1^a & q_1^s \\ q_2^t & q_2^c & q_2^a & q_2^s \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_n^t & q_n^c & q_n^a & q_n^s \end{pmatrix}. \quad (6)$$

将原始 QoS 矩阵转化为归一化矩阵^[12],再根据表1的 QoS 计算因子,可求得组合粒度服务各 QoS 因子值 q_L , 设 $q_L = (q_1^t, q_1^c, q_1^a, q_1^s)^T$, q_L 为归一化的原始 QoS 矩阵,该式中 $q_1^t, q_1^c, q_1^a, q_1^s$ 表示综合多粒度流程求值,其中 $q_1^t = (q_1^t, q_2^t, \dots, q_m^t)^T$ 。同理 q_1^c, q_1^a, q_1^s 也是这种形式的矩阵。 t, c 是负相关因子,表现为 Q_2 成本型指标, a, s 是正相关因子,表现为 Q_1 效益型指标。设用户偏好为 $w_s = (q_s^t, q_s^c, q_s^a, q_s^s)$, $q_s^t, q_s^c, q_s^a, q_s^s$ 为用户对4项指标的主观偏好,其中 $q_s^t + q_s^c + q_s^a + q_s^s = 1$ 。然后对这些因子分配适当的权重计算综合 QoS_L^{dummy} , 得出

$$QoS_L^{\text{dummy}} = \max \left\{ \sum_{i=1}^m (w_s \cdot q_L) \right\}. \quad (7)$$

在此 QoS 矢量积中, QoS_L^{dummy} 为 m 个决策方案中的最理想方案,其中 QoS_L^{dummy} 的值越大,表示其所对应的产品完成质量情况越好^[13]。

3.2 改进后的 QoS 计算方法

基本 QoS 计算方法的 QoS 属性是原始理想的 QoS 属性因子,而且这些 QoS 属性因子的共同点就是,在不考虑与不同资源组合所带来差异的情况下,不管与哪个资源组合都是采用原有的 QoS 属性因子。在实际的生产中,很多资源都处于不同的地点,特别是对设备资源,然而设备资源之间的距离往往会对产品完工时间、完工成本产生影响,所以有必要对这些原始理想的 QoS 相关因子进行改进。

引入业务服务能力的概念。业务服务能力是指在某业务流程上,多粒度资源的整体单元性活动对该业务流程的完成能力进行评价。在整个业务流程中,业务服务能力不仅需要考虑它自身的各个活动

的服务质量,还要考虑其余因素所产生的影响以及服务质量所完成的情况,本文主要考虑距离。

在原有的基本 QoS 计算方法中,采用的方法为

$QoS_L^{dummy} = \max \left\{ \sum_{i=1}^m (w_s \cdot q_L^i) \right\}$ 。但是考虑到其它外界因素所造成的影响,时间 t 和成本 c 属于受到外界影响的因子,而可用性 a 和信誉度 s 是资源本身的属性,属于不受外界影响的因子,需对时间和成本属性进行重新运算。

对于时间 t ,由于距离会导致资源执行时间增加,因此,需将这部分物流时间加到资源执行时间上。设实际执行时间为 q_i^{*t} ,则 $q_i^{*t} = q_i^t + q_i^l / v$ 。其中, v 为速度, i 为第 i 个资源。

对于成本 c ,由于距离与成本成正相关,需要加到资源执行成本上。设实际执行成本为 q_i^{*c} ,则 $q_i^{*c} = q_i^c + q_i^l \cdot p$ 。其中, p 为单位距离成本。

所以,这里假设实际的计算结果为 QoS_L^{real} , $w_s^* = (q_s^t, q_s^c, q_s^a, q_s^s, q_s^l)^T$, $q_L^* = (q_i^{*t}, q_i^{*c}, q_i^a, q_i^s, q_i^l)^T$,且 $QoS_L^{real} = \max \left\{ \sum_{i=1}^m (w_s^* \cdot q_L^i) \right\}$ 。同理, QoS_L^{real} 的值越大,其所对应产品完成质量情况越好。

4 实例研究

某汽车加工零件如图 1 所示,是由一个标准的顺序结构的构成。

假设用户需求如下:服务时间在 8~15 d 之内,服务成本单个价格在 25~35 元之间,可用性和可靠性在 0.5~1.0,每公里距离成本 p 为 0.1 元,物流速度 v 为 50 km/h,总路程为 50~200 km;QoS 指标主观偏好为时间 t 和成本 c 。

本研究采用仿真的方法来进行实例测试,首先对原始 QoS 数据进行仿真,然后对改进的 QoS 数据再进行仿真,最后对比两者的性能。在测试中,共生成 20 组数据。

基于多粒度模型下的流程优化组合包含以下几个步骤。

1) 获取云服务的原始 QoS 指标数据。不考虑距离因素,在用户需求的范围内生成初始化的 QoS 数据,如表 2 所示。

2) 获取云服务的 QoS 指标。由于时间和成本与距离因子成正相关,运输价格和运输速度都已知,利用 3.2 节中算式计算出时间指标和成本指标。与外界因素无关的指标有可用性指标和信誉度指标。考虑距离因素后,采用改进后的计算方法得出结果如表 3 所示。

表 2 初始化原始 QoS 数据

Table 2 Initialization of original QoS data

序号	价格 / 元	时间 / h	可用性	可靠性
1	26.001	14.191	0.742	0.634
2	34.033	9.030	0.613	0.670
3	28.269	12.530	0.675	0.508
4	34.033	8.975	0.506	0.974
5	28.269	12.680	0.653	0.515
6	33.253	13.943	0.661	0.877
7	29.378	13.934	0.912	0.598
8	30.003	8.463	0.775	0.580
9	28.790	11.432	0.796	0.886
10	28.003	9.599	0.978	0.588
11	27.499	11.701	0.986	0.762
12	32.595	11.175	0.511	0.876
13	32.371	14.950	0.761	0.660
14	25.850	9.1670	0.669	0.638
15	28.471	10.786	0.866	0.564
16	26.041	12.496	0.558	0.714
17	28.651	14.843	0.510	0.848
18	30.846	11.465	0.850	0.821
19	29.789	14.558	0.847	0.924
20	32.698	9.439	0.882	0.709

表 3 初始化改进后的 QoS 数据

Table 3 Initialization of improved QoS data

序号	实际价格 / 元	实际时间 / h	可用性	可靠性	距离 / km
1	36.794	16.350	0.742	0.634	107.934
2	53.007	12.825	0.613	0.670	189.735
3	45.700	16.016	0.675	0.508	174.315
4	42.319	10.633	0.507	0.975	82.857
5	46.819	16.390	0.653	0.515	185.505
6	40.732	15.439	0.662	0.877	74.791
7	42.910	16.641	0.912	0.599	135.317
8	47.794	12.021	0.775	0.580	177.912
9	42.921	14.258	0.796	0.886	141.310
10	33.081	10.615	0.978	0.588	50.780
11	35.349	13.271	0.986	0.762	78.500
12	47.220	14.100	0.511	0.876	146.244
13	40.614	16.599	0.761	0.660	82.433
14	37.390	11.475	0.669	0.638	115.390
15	47.307	14.553	0.866	0.564	188.355
16	44.359	16.159	0.558	0.714	183.174
17	41.247	17.363	0.510	0.848	125.962
18	45.953	14.487	0.850	0.821	151.069
19	38.815	16.363	0.847	0.924	90.256
20	45.775	12.055	0.882	0.709	130.766

3) 对 4 个候选的 QoS 指标和距离因子进行归一化。假设根据用户的偏好 $w_s = (q_s^t, q_s^c, q_s^a, q_s^s, q_s^l)$, $w_s \cdot I = 1$, I 为 4×4 的单位矩阵。价格、时间和距离用式 (5) 来表示系数,可用性和可靠性用式 (4) 表示系数,将原始的 QoS 数据和改进后的 QoS 数据归一化后,结果分别如表 4 和表 5 所示。

表4 归一化原始 QoS 数据

Table 4 Normalized original QoS data

序号	价格	时间	可用性	可靠性
1	0.981	0.117	0.491	0.269
2	0	0.912	0.222	0.346
3	0.704	0.373	0.351	0
4	0	0.921	0	1
5	0.704	0.350	0.305	0.014
6	0.095	0.155	0.323	0.792
7	0.568	0.156	0.845	0.193
8	0.492	1	0.559	0.154
9	0.640	0.542	0.604	0.812
10	0.736	0.824	0.984	0.171
11	0.798	0.500	1	0.544
12	0.175	0.582	0.009	0.789
13	0.203	0	0.530	0.325
14	1	0.891	0.338	0.278
15	0.679	0.642	0.750	0.120
16	0.976	0.378	0.106	0.442
17	0.657	0.016	0.008	0.730
18	0.389	0.537	0.716	0.671
19	0.518	0.060	0.711	0.892
20	0.163	0.849	0.783	0.431

表5 归一化改进后的 QoS 数据

Table 5 Normalized improved QoS data

序号	价格	时间	可用性	可靠性	距离
1	0.813	0.150	0.491	0.269	0.588
2	0	0.672	0.222	0.346	0
3	0.366	0.199	0.351	0	0.110
4	0.536	0.997	0	1	0.769
5	0.310	0.144	0.305	0.014	0.030
6	0.616	0.285	0.323	0.792	0.827
7	0.506	0.106	0.845	0.193	0.392
8	0.261	0.791	0.560	0.154	0.085
9	0.506	0.460	0.604	0.812	0.348
10	1	1	0.983	0.171	1
11	0.886	0.606	1	0.544	0.800
12	0.290	0.483	0.009	0.789	0.313
13	0.621	0.113	0.530	0.326	0.772
14	0.783	0.872	0.338	0.278	0.535
15	0.286	0.416	0.750	0.120	0.009
16	0.434	0.178	0.106	0.442	0.047
17	0.590	0	0.008	0.730	0.458
18	0.354	0.426	0.717	0.671	0.278
19	0.712	0.148	0.711	0.892	0.715
20	0.363	0.786	0.783	0.431	0.424

因为原始的 QoS 数据未对距离进行描述, 所以设 $q_L = (q'_1, q'_2, q'_3, q'_4, q'_5)^T$, 且原始 QoS 距离为最优距离的 q'_i 用系数 1 来表示, 然后对这些归一化元素根据用户不同的偏好计算出相应的候选集, 取 $w_s^* = (0.25, 0.25, 0.2, 0.2, 0.1)$ 。

代入 QoS 指标的权值 w_s^* , 在多粒度模型下, 在候选集中计算 QoS_L^{real} , 并且对比原始的 QoS_L^{dummy} , 此

处 QoS_L^{dummy} 加入了最优距离因子系数, 通过比较得出结果, 如图 4 所示。

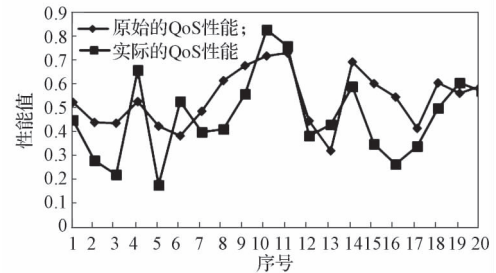


图4 原始性能和实际性能对比

Fig. 4 The original performance and actual performance comparison

从图 4 可以看出, 有 14 组对象引入距离因素后, 其 QoS 的整体性能下降, 有 6 组对象引入距离因素后, QoS 性能提升; 在未引入距离因素的情况下, 第 11 组数据为最优, 引入距离因素后第 10 组数据为最优, 故引入距离因素能够影响原有的实验结果, 使结果更加接近真实情况。

5 结语

本文在多粒度资源统一模型的基础上, 定义了基于多粒度流程的优化组合, 并在此模型下给出了对服务组合相应的求解方式。多粒度资源指的是企业之间固定的流程组合, 也可以是企业的核心活动流程组合, 在此基础上引入业务服务能力来描述传统的 QoS 性能指标, 并给出相对应的计算方式, 对多粒度 QoS 性能给出评价方法。然而传统的 QoS 性能指标是理想的, 实际中还有一系列的影响因素, 本文考虑影响最大的距离因素, 根据距离因素来改进对 QoS 性能指标的评价, 使结果更加真实。

参考文献:

- [1] 姚锡凡, 练肇通, 李永湘, 等. 面向云制造服务架构及集成开发环境[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(10): 2312-2322.
YAO Xifan, LIAN Zhaotong, LI Yongxiang, et al. Service-Oriented Architecture and Integrated Development Environment for Cloud Manufacturing[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(10): 2312-2322.
- [2] 方丁, 刘杰, 赵卫东. 一种面向流程的业务服务设计方法[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(5): 874-883.
FANG Ding, LIU Jie, ZHAO Weidong. Process-Oriented Business Service Design Method[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(5): 874-883.

- [3] 赵秋云, 魏 乐, 舒红平. 基于业务流程的制造云服务组合模型[J]. 计算机应用, 2014, 34(11): 3100-3103.
ZHAO Qiuyun, WEI Le, SHU Hongping. Composite Model of Manufacturing Cloud Service Based on Business Process[J]. Journal of Computer Applications, 2014, 34(11): 3100-3103.
- [4] 罗永亮, 张 霖, 陶 飞, 等. 云制造环境下制造能力建模关键技术[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7): 1357-1367.
LUO Yongliang, ZHANG Seng, TAO Fei, et al. Key Technologies of Manufacturing Capabilities Modeling in Cloud Manufacturing Mode[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(7): 1357-1367.
- [5] 焦燕廷. 一种基于领域本体的语义 Web 服务匹配和组合方法[D]. 济南: 山东科技大学, 2011.
JIAO Yanting. An Approach for Semantic Web Service Matching and Composition Based on Domain Ontology[D]. Jinan: Shandong University of Science and Technology, 2011.
- [6] 郭媛香. 基于动态描述逻辑的语义 Web 服务 PE 匹配算法[J]. 晋中学院学报, 2014, 31(3): 64-68.
GUO Yuanxiang. Semantic Web Service PE Matching Algorithm Based on Dynamic Description Logic[J]. Journal of Jinzhong University, 2014, 31(3): 64-68.
- [7] 王有刚. 基于语义 Web 服务发现和组合的研究[J]. 宁夏工程技术, 2013, 12(4): 56-60.
WANG Yougang. Survey on Semantic Web Services Discovery Study on Discovery and Composition of Web Service[J]. Ningxia Engineering Technology, 2013, 12(4): 56-60.
- [8] 谭 伟, 姚锡凡, 刘 璇, 等. 多粒度制造资源统一模型及其语义服务发现[J]. 中国科技论文, 2013, 8(10): 1044-1049.
TAN Wei, YAO Xifan, LIU Xuan, et al. Unified Model of Multi-Granularity Manufacturing Resource and Its Semantic Service Discovery[J]. China Sciencepaper, 2013, 8(10): 1044-1049.
- [9] MUTHUVELU N, CHAI I, CHIKKANNAN E, et al. QoS-Based Task Group Deployment on Grid by Learning the Performance Data[J]. Journal of Grid Computing, 2014, 12(3): 465-483.
- [10] ZHENG Z, ZHANG Y, LU M R. Investigating QoS of Real-World Web Services[J]. IEEE Transactions on Services Computing, 2014, 7(1): 32-39.
- [11] 杨放春, 苏 森, 李 祯. 混合 QoS 模型感知的语义 Web 服务组合策略[J]. 中国科学 (E 辑: 信息科学), 2008, 38(10): 1697-1716.
YANG Fangchun, SU Seng, LI Zhen. Semantic Web Service Composition Strategies of Hybrid QoS Model Aware [J]. Science in China (Series E: Information Sciences), 2008, 38(10): 1697-1716.
- [12] ANASTASI G F, CARLINI E, COPPOLA M, et al. QBROKAGE: A Genetic Approach for QoS Cloud Brokering[C]// 2014 IEEE 7th International Conference on Cloud Computing (CLOUD). New York: IEEE, 2014: 304-311.
- [13] LOODARICHEH R, MALLICK S, BHARGAVA V K. Resource Allocation with QoS Provisioning for Energy Harvesting Systems: A Goal Programming Approach[C]// 2015 IEEE International Conference on Communications (ICC). New Jersey: IEEE, 2015: 2791-2796.

(责任编辑: 申 剑)