

## 云制造环境下基于可信评价的云服务选择

魏 乐\*, 赵秋云, 舒红平

(成都信息工程学院 计算机学院, 成都 610225)

(\* 通信作者电子邮箱 weile@cuit.edu.cn)

**摘 要:**针对云制造环境下因存在大量功能相同或相似的制造云服务而导致用户很难获得合适云服务的问题,提出了一种基于可信评价的制造云服务选择方法。对问题进行了抽象,将可靠性、可用性、时效性、价格和诚信度纳入可信特征集,并考虑评价时间、评价者的诚信度对可信值的影响,采用加权平均的方法计算制造云服务的整体可信度;在此基础上,综合考虑制造云服务的功能、任务负载、当前状态和物理距离等因素,通过匹配功能、任务负载和价格,并结合可信评价来指导云服务的选择。仿真结果表明,所提方法能够有效地识别云制造环境下的制造云服务实体,可提高交易活动的成功率,满足用户的功能需求和非功能需求。

**关键词:**云制造;云服务;可信评价;服务选择

**中图分类号:** TP391 **文献标志码:** A

### Cloud service selection based on trust evaluation for cloud manufacturing environment

WEI Le\*, ZHAO Qiuyun, SHU Hongping

(College of Computer Science and Technology, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan 610225, China)

**Abstract:** For cloud manufacturing environment, many manufacturing cloud services have the same or similar function, so it is difficult to get the most suitable cloud services. This study designed a selection method of the manufacturing cloud services based on trust evaluation. How to select cloud services was described by abstraction; the reliability, usability, timeliness, price and honesty were used as the trust characteristics together; and the evaluation time and effect of estimators' honesty on the service's credibility were also taken into account; and then the overall credibility was calculated from all above data by weighted average method. Furthermore, with all factors such as the cloud services' function, workload, current state and physical distance considered in package, the method was built to guide the cloud service selection by matching the services' function, workload and price and combining the trust evaluation. The results of simulation experiments show that the service selection method is able to recognize entities of manufacturing cloud services, and it improves the rate of the cloud service trades and meets users' functional and non-functional requests better.

**Key words:** cloud manufacturing; cloud service; trust evaluation; service selection

## 0 引言

为了从根本上解决我国制造业普遍存在的制造能力重复建设和不平衡,资源闲置和资源瓶颈并存的问题,人们在 ASP (Application Service Provider)、制造网格、敏捷制造和众包制造<sup>[1]</sup>的基础上,提出了云制造的概念。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一种网络化制造新模式<sup>[2]</sup>。云制造是面向服务、虚拟化、云计算、物联网和高性能计算等技术交叉融合的产物,其环境具有动态开放、面向服务和需求、支持多用户协同创新、支持资源按需透明使用和支持不确定性制造等特点。在云制造环境下,服务提供者将各类制造资源及制造能力通过云化技术转化为制造云服务;大量云服务按照一定的规则聚合起来,形成制造云;服务使用者根据应用需求,建立相应需求模型,在云制造平台支持下,随时随地、动态、敏捷地选择和使用各类制造服务,实现多方共赢,普适化和高效的共享与协同<sup>[3]</sup>。

云制造环境中存在大量功能相同或相似,但质量参差不齐的服务,用户需要在对服务质量(Quality of Service, QoS)进

行正确的评价的基础上做出合适的选择。同时,云制造中无法排除某些提供者提供不完整、虚假甚至是恶意的服务注册信息的可能,服务供需双方在进行交易时存在信任问题。此外,云制造环境是一个动态开放的环境,经常面临诸如服务的动态增加或减少,服务故障和服务质量改变等不确定事态,用户需要评估这些事态对服务质量的影响,以保障自身的制造活动能够顺利进行。因此,将可信的概念引入云制造环境在提高用户选择服务的有效性,抑制恶意服务,保障企业制造活动顺利进行等方面都将发挥重要作用。

当前,人们从多个方面对可信服务的选择进行了研究:李素粉等<sup>[4]</sup>提出了基于信任关系的业务服务选择方法;朱锐等<sup>[5]</sup>提出了基于偏好推荐的服务选择方法;胡春华等<sup>[6]</sup>提出了基于信任演化及集合的服务选择方法;王俊丽等<sup>[7]</sup>提出了基于服务质量的 Web 服务优化选择算法;张会兵等<sup>[8]</sup>提出了环绕智能环境下自适应的服务选择方法;陶飞等<sup>[9]</sup>对云制造环境下云服务组合的关键问题进行了研究。上述工作从多个角度阐述了服务选择所涉及的问题,但其研究成果无法直接应用在云制造环境中,主要原因在于:1) 以往的研究多针对 Web 服务,其对象为计算资源和软件资源,而云制造环境中的

**收稿日期:**2012-08-27。 **基金项目:**四川省科技支撑计划项目(2010SZ0305);四川省软科学研究计划项目(2012ZR0116);四川省教育厅青年基金资助项目(12ZB199)。

**作者简介:**魏乐(1979-),男,河南郑州人,讲师,硕士,主要研究方向:服务计算、企业信息化; 赵秋云(1979-),女,河南漯河人,讲师,硕士,主要研究方向:智能计算、可信计算; 舒红平(1974-),男,重庆人,教授,博士,主要研究方向:数据挖掘、企业信息化。

云服务反映的是各种制造资源,除了计算资源和软件资源外,还包含制造设备、物料、制造模型、领域知识和过程数据等;这些资源与计算资源和软件资源的特征有很大的不同,因此其抽象服务模型与传统研究有所区别。2)传统 Web 服务的选择多考虑服务的 QoS 指标,而云制造作为一种按需使用和付费的制造方式,服务使用者尤其关注云服务的质量、使用成本和时间,因此制造云服务的选择除了 QoS 指标外,还需要考虑云服务的物理位置、运输成本、使用成本、交货时间、加工质量、服务状态和负载等因素,以保证制造活动的顺利进行。3)可信是一个综合的概念,不同的应用具有不同的关注点,因此需要针对云制造环境,选择合适的可信特征集,并给出各可信特征值的计算方法,进而建立云服务可信评价体系。

基于以上分析,本文在对问题进行描述的基础上,提出了基于可信评价的云服务选择方法。与传统的服务选择相比,该方法并不把可信评价作为服务选择的唯一依据,而是综合考虑了服务的功能、能力、价格和可信评价等诸多要素,从而保证选择的云服务能够较好地满足用户的制造需求。在计算服务的可信评价时,将可靠性、可用性、时效性、价格和诚信度纳入可信特征集,并根据云制造的特点给出各特征值的量化方法。本文将给出服务(原子服务和组合服务)可信评价的计算方法,建立基于可信评价的云服务选择模型,包括选择算法和选择逻辑,保证用户能够选择满足需求的高质量云服务。

## 1 问题描述与相关定义

在云制造环境下,各类企业均可作为资源提供者将自身富余的资源进行虚拟化和服务化封装,发布到云制造平台中,供使用者调用。企业的资源可分为制造资源和制造能力两大类<sup>[10]</sup>,考虑到制造能力的模糊性和不确定性,同时为了便于问题的讨论,本文相关研究将围绕制造设备服务展开。

制造云服务的可信性包含两重含义:一是服务能够提供正式使用描述,能够被用户使用;二是服务能够满足应用的非功能需求,达到其质量目标。本文结合云制造的特点,同时从实用的角度出发,选取了可靠性、可用性、时效性、诚信度和价格作为服务的可信特征。应用中,用户在使用完某个服务后会对其进行评价,这样其他用户就可以通过历史评价信息的统计得到服务的可信评价价值,并以此为基础来实现制造云服务的选择。为了清晰地描述问题,给出相关定义如下。

**定义 1** 制造云服务。制造云服务简称云服务或服务,是构成制造云的基本要素,是服务化的制造资源和制造能力<sup>[10]</sup>。制造云服务分为原子制造云服务和组合制造云服务,分别简称为原子云服务和组合云服务。在本文的叙述中,服务、云服务均指制造云服务。

**定义 2** 原子云服务。原子云服务可以描述为一个三元组  $S = (ID, Attribute, TEvaluate)$ , 其中:  $ID$  是服务的唯一标识;  $TEvaluate$  表示服务的可信评价, 具体含义见定义 4;  $Attribute$  表示服务的属性,  $Attribute = (BaseAttribute, TParameter, DynamicAttribute)$ 。  $BaseAttribute$  表示服务的基本属性, 对于制造设备服务来说:  $BaseAttribute = (\text{名称}, \text{用途}, \text{提供者}, \text{联系方式}, \text{物理位置}, \text{型号}, \text{生产企业})$ ;  $TParameter$  表示服务的技术参数, 也称为服务的静态属性,  $TParameter = (\text{加工形状}, \text{加工精度}, \text{粗糙度}, \text{平面度}, \text{零件最大高度}, \text{最大长度}, \text{最大重量}, \dots)$ <sup>[11]</sup>;  $DynamicAttribute$  表示服务的动态属性, 反映服务动态变化的信息,  $DynamicAttribute = (\text{服务状态}, \text{服务价格}, \text{任务负荷}, \dots)$ 。这里, 服务状态主要包括空闲、使用中、已预订、维修中和已报废; 此处服务价格指服务加工

单位产品的价格, 可用“元/件”来表示, 不包括运输价格; 任务负荷主要包括已加工产品数量、服务利用率、任务序列、加工能力、预约时间、维修时间等。显然,  $Attribute$  包含了服务的功能描述和能力描述, 因此,  $Attribute$  和  $TEvaluate$  都会影响到服务的选择。

**定义 3** 可信特征集。服务的可信特征集定义为一个五元组  $TC = (Availability, Reliability, Time, Honesty, Cost)$ 。其中:  $Availability$  表示服务的可用性;  $Reliability$  表示服务的可靠性;  $Time$  表示服务的时效性, 主要考虑服务平均加工单个产品的所需时间和等待时间;  $Honesty$  表示服务的诚信度, 用来阻止服务提供者的恶意欺骗;  $Cost$  表示使用服务的价格, 包括单件产品平均加工费用和单件产品平均运输费用。

**定义 4** 可信评价。设服务  $S_i$  使用了  $S_j$ , 则  $S_i$  可以在可信特征集上对  $S_j$  进行评价, 记为  $TEvaluate(S_i, S_j) = (TC, Weight, t)$ , 其中:  $TC$  为可信特征集;  $Weight$  为各可信特征在可信评价中所占的比重;  $t$  为评价的时间, 时间越靠后, 对服务将来的可信性愈具有参考意义。由此可以看出, 服务的可信评价  $TEvaluate$  是一个二维结构, 每一行代表一个  $TEvaluate(S_i, S_j)$ 。可信评价反映了服务的历史信息, 通过“最近的过去”来推测“不久的将来”, 并以此为基础指导服务的选择。

**定义 5** 组合云服务。组合云服务由一个云服务集及定义在该集合上的组合关系构成, 表示为  $VS = (\{S_1, S_2, \dots, S_n\}, R)$ ;  $R = S_i \times S_j$  表示成员服务之间的组合关系, 组合关系有 4 种: 顺序、并行、选择和循环。若一个服务是组合服务, 则其可信评价价值与成员服务的可信评价价值和组合关系有关。

**定义 6** 服务包含。设存在两个服务  $S_i$  和  $S_j$ , 如果  $S_i$  能加工的产品  $S_j$  均能加工,  $S_i$  技术参数为  $S_i.Attribute.TParameter = (P_1^{(i)}, P_2^{(i)}, \dots, P_n^{(i)})$ ,  $S_j$  技术参数为  $S_j.Attribute.TParameter = (P_1^{(j)}, P_2^{(j)}, \dots, P_m^{(j)})$ , 且  $n \leq m$ , 如果满足  $P_k^{(i)} \leq P_k^{(j)} (k = 1, 2, \dots, n)$ , 则称  $S_j$  包含  $S_i$ , 记为  $S_i < S_j$ 。

**定义 7** 服务族。服务族是若干服务所构成的集合,  $Family = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , 这些服务能提供同一功能(该功能称为基本功能), 但可信评价不同; 设提供基本功能的服务为  $S_i$ , 则  $S_i < S_j (j = 1, 2, \dots, n)$ , 且  $j \neq i$ , 同时满足  $S_j.TEvaluate \neq S_i.TEvaluate (j, k = 1, 2, \dots, n)$ 。引入服务族可以缩小服务选择的范围, 进而提高选择的效率。

## 2 制造云服务的可信评价

对制造云服务的可信评价具有主观性, 这里将其分为直接评价和间接评价。如果  $S_i$  曾经使用过  $S_j$ , 则  $S_i$  可依据自身的实际感受对  $S_j$  形成直接评价, 使用  $S_j$  的次数越多, 这种直接评价对是否会再次选择  $S_j$  的影响也就越大; 如果  $S_i$  没有使用过  $S_j$ , 则  $S_i$  只能根据其他服务对  $S_j$  的直接评价来形成自己对  $S_j$  的间接评价。为了避免恶意地提高或降低某个服务的可信评价, 引入了诚信度的概念, 本文认为: 一个服务提供的功能越可信, 它对其他服务的评价也就越客观, 其诚信度就越高。

设服务  $S$  在  $(t_1, t_2)$  的时间内被调用了  $N$  次, 正常响应的次数为  $N_r$ , 实际执行结果与服务对外宣称信息一致的次数为  $N_a$  次, 提供可信服务的时间长度为  $T_u$ , 则可靠性  $Reliability$ 、可用性  $Availability$  和诚信度  $Honesty$  可以量化为:

$$Reliability(S) = N_r/N \quad (1)$$

$$Availability(S) = T_u/(t_2 - t_1) \quad (2)$$

$$Honesty(S) = N_a/N \quad (3)$$

设  $S$  对某个任务单件产品的加工时间为  $T_r$ , 从发出调用命令开始到  $S$  开始执行需要的时间为  $T_e$  (该时间称为等待时

间,与  $S$  的动态属性有关),该任务平均单件产品使用服务的价格为  $C_r$ , 平均单件产品每公里运输成本为  $C_t$ , 则时效性  $Time$  和价格  $Cost$  可以量化为:

$$Time(S) = 1/(T_r + T_w) \quad (4)$$

$$Cost(S) = 1/(C_r + C_t) \quad (5)$$

时效性和价格的量化方法与传统服务明显不同,充分考虑了云服务为产品制造服务的业务背景;执行取倒操作主要是为了将其转换为收益型函数,从而便于通过加权的方式计算服务的整体可信评价。

**定义8** 用  $TEvaluate(S_i, S_j, t)$  表示  $S_i$  对  $S_j$  在  $t$  时刻的一次直接评价,  $Weight_k (k = 1, 2, 3, 4, 5)$  表示可信特征  $C_k$  在可信特征集中的权重,  $C_k$  依次取  $Availability, Reliability, Time, Honesty$  和  $Cost$ , 则:

$$TEvaluate(S_i, S_j, t) = \sum_{k=1}^5 Weight_k * C_k \quad (6)$$

其中  $Weight_k \in [0, 1]$  且  $\sum_{k=1}^5 Weight_k = 1$ 。

**定义9** 设  $S_i$  一共对  $S_j$  作了  $n$  次评价,用  $TEvaluate(S_i, S_j)$  表示服务  $S_i$  对  $S_j$  的总体评价,则:

$$TEvaluate(S_i, S_j) = \sum_{k=1}^n f^k(t) * TEvaluate^k(S_i, S_j, t) / n \quad (7)$$

其中  $f^k(t)$  称之为衰减因子,是一个与可信评价时间有关的函数,评价时间越久  $f^k(t)$  的取值越小,最近的一次评价  $f^k(t) = 1$ ;引入  $ASC_i(TEvaluate(S_i, S_j, t))$  函数实现对服务可信评价按时间的升序排列,  $k$  表示某次可信评价在序列中的次序,  $k = 1, 2, \dots, n$ , 则:

$$f^k(t) = k/n \quad (8)$$

**定义10** 设对  $S_j$  进行过可信评价的服务所构成的集合为  $(S_1, S_2, \dots, S_m)$ , 用  $TEvaluate(S_j)$  表示  $S_j$  的整体可信度, 则:

$$TEvaluate(S_j) = \left( \sum_{i=1}^m Honesty(S_i) * TEvaluate(S_i, S_j) \right) / m \quad (9)$$

与传统可信度的计算方法相比,本文在计算服务的可信评价时,既强调了评价时间对评价值的影响,同时也考虑了虚假评价的因素,从而使其更加切合现实场景。以上给出的是原子制造云服务可信评价的计算方法,对于组合云服务来说,除成员服务的可信评价外,组合关系也将会影响组合云服务可信评价值<sup>[12]</sup>。在参考文献[4, 13]的基础上,给出组合服务可信评价的计算方法。

**定义11** 设由  $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  共  $n$  个服务采用组合模式  $R$  构成了组合云服务  $VS$ , 则  $VS$  的可信评价  $TEvaluate(VS)$  为:

$$TEvaluate(VS) = \sum_{i=1}^5 (W_i * VC_i) \quad (10)$$

其中:  $VC_i$  表示组合服务  $VS$  在各可信特征上的取值,按顺序依次取  $Availability, Reliability, Time, Honesty$  和  $Cost$ , 即  $VC_1 = Availability(VS), VC_2 = Reliability(VS), VC_3 = Time(VS); VC_4 = Honesty(VS), VC_5 = Cost(VS); W_i \in [0, 1] (i = 1, 2, 3, 4, 5)$  表示可信特征  $VC_i$  在可信特征集中的权重,且满足  $\sum_{i=1}^5 W_i = 1$ 。  $VC_i$  的值依赖于  $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  中服务的可信特征值和组合关系模式  $R$ , 设  $\alpha_j (j = 1, 2, \dots, n)$  为服务  $S_j (j = 1, 2, \dots, n)$  在选择结构中被选择的概率;  $p$  为所有服务  $S_1, S_2, \dots, S_n$  作为整个循环体的循环概率<sup>[4]</sup>, 则:

$$VC_1 = \begin{cases} \prod_{j=1}^n Availability(S_j), & R \text{ 为顺序} \\ \prod_{j=1}^n Availability(S_j), & R \text{ 为并行} \\ \sum_{j=1}^n (\alpha_j * Availability(S_j)), & R \text{ 为选择} \\ \frac{1}{1-p} \sum_{j=1}^n Availability(S_j), & R \text{ 为循环} \end{cases} \quad (11)$$

$$VC_3 = \begin{cases} 1 / \sum_{j=1}^n \frac{1}{Time(S_j)}, & R \text{ 为顺序} \\ \min_{j=1,2,\dots,n} (Time(S_j)), & R \text{ 为并行} \\ 1 / \sum_{j=1}^n (\alpha_j * \frac{1}{Time(S_j)}), & R \text{ 为选择} \\ \frac{1}{1-p} (1 / \sum_{j=1}^n \frac{1}{Time(S_j)}), & R \text{ 为循环} \end{cases} \quad (12)$$

组合服务  $VC_2, VC_4$  的计算方法与  $VC_1$  类同,  $VC_5$  的计算方法与  $VC_3$  类同, 此处不再赘述。

从式(10)~(12)可以看出,组合服务可信评价的计算只需要根据成员服务和组合模式计算出各可信特征值,然后对各特征值加权求和即可,不需要考虑调用组合服务的其他服务对其所作的可信评价。主要原因在于组合服务的能力实质上是其成员服务实现的,如果其成员服务发生了变化(如服务的退出,可信特征值发生变化),则组合服务的可信评价也一定随之发生变化。因此,在实际使用中如果调用了组合服务,则不需要对其进行可信评价。

### 3 基于可信评价的制造云服务选择

#### 3.1 选择算法

云制造环境下云服务在选择时,除了考虑服务的可信评价之外,还需要考虑服务的物理地址、服务的状态、服务的任务负载、服务的技术参数和任务的时间约束等条件。考虑服务的物理地址的原因在于物理地址不但决定了服务应完成任务的时间,还会影响使用服务的成本;考虑服务技术参数的原因在于保证选择的服务能够加工满足任务要求的产品,称之为功能匹配;考虑服务状态、服务负载和任务时间约束的原因在于保障选择的服务能够在规定的时间内完成任务,称之为能力匹配。基于可信评价的云服务选择是在功能匹配、能力匹配和价格匹配的云服务中,选择可信评价值最高的云服务参与组合,从而保证用户制造活动的顺利进行,同时也促使交易双方共同获利。生活中,人们更相信根据自己实际经验的判断,按照这一日常的习惯,如果某服务  $S_i$  经常使用另一服务  $S_j$ , 且多次使用  $S_j$  均能够满足自己的需求,则  $S_i$  对  $S_j$  来说比其他服务的可信度更高,因此,这里引入朋友集  $Friend$  的定义。

**定义12** 设存在函数  $count(S_i, S_j)$  用来统计  $S_j$  被  $S_i$  使用的次数,则服务  $S_i$  的朋友集  $Friend(S_i) = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , 满足  $count(S_i, S_j) \geq \xi (j = 1, 2, \dots, n)$ ,  $\xi$  表示加入  $Friend$  集所需满足的最小使用次数,且每次使用均能满足  $S_i$  的需求。

假设存在某一产品生产任务信息(如设计、工艺、工序信息)和可供选择的原子云服务集  $W = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , 因为组合服务最终可由原子服务组合得到,所以这里仅需考虑原子服务的选择。基于可信评价的制造云服务选择算法描述如下。

**步骤1** 置服务族  $Family = \emptyset$ , 根据设计、工艺和工序信息获取对服务的技术参数要求,并将其封装为一个虚拟的请求服务  $RS$ , 对  $W$  集合中的每一个服务  $S_i (i = 1, 2, \dots, n)$ , 若满

足  $RS < S_i$ , 则  $S_i$  加入  $Family$  集合, 记为  $S_i \rightarrow Family$ 。若  $Family = \emptyset$ , 则转步骤 7; 否则进入步骤 2。

步骤 2 置候选服务集  $SS = \emptyset$ , 设服务状态用  $state$  表示; 单位时间能加工的产品数量用  $q$  表示; 任务的加工总数量用  $num$  表示; 任务要求的开始时间为  $T_{ps}$ , 结束时间为  $T_{pe}$ ; 产品运输至下一工序服务所在物理地点需要的时间为  $T_t$ ; 服务可以开始加工的时间为  $T_{rs}$ , 可以完成加工的时间为  $T_{re}$ ; 对  $Family = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  集合中的每一个服务  $S_i (i = 1, 2, \dots, m)$ :

① 如果  $S_i.state = \text{“空闲”}$ , 且  $RS.num/S_i.q \leq RS.T_{pe} - RS.T_{ps} - S_i.T_t$ , 则  $S_i \rightarrow SS$ 。

② 如果  $S_i.state = \text{“忙”}$  OR  $S_i.state = \text{“预订”}$  OR  $S_i.state = \text{“维修”}$ , 且  $RS.num/q \leq RS.T_{pe} - RS.T_{ps} - S_i.T_t$ , 同时满足  $S_i.T_{rs} \leq RS.T_{ps} \wedge S_i.T_{re} \leq RS.T_{pe}$ , 则  $S_i \rightarrow SS$ 。若  $SS = \emptyset$ , 则转步骤 7; 否则进入步骤 3。

步骤 3 设服务  $S_i$  宣称的价格用  $C_i$  表示, 运输费用用  $C_t$  表示, 产品运输至下一工序服务所在物理地点的距离用  $dis$  表示, 任务的费用上限用  $\zeta$  表示, 则对  $SS = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$  集合中的每一个服务  $S_i (i = 1, 2, \dots, k)$ , 如果  $RS.num * S_i.C_c + RS.num * S_i.C_t * dis > RS.\zeta$ , 则将  $S_i$  从  $SS$  中删除, 记为  $SS \rightarrow S_i$ 。若  $SS = \emptyset$ , 则转步骤 7; 否则进入步骤 4。

步骤 4 置朋友集合  $FS = \emptyset$ , 对  $SS = \{S_1, S_2, \dots, S_l\}$  集合中的每一个服务  $S_i (i = 1, 2, \dots, l)$ , 如果  $S_i \in Friend(RS)$ , 则  $S_i \rightarrow FS$ 。若  $FS = \emptyset$ , 则转步骤 6; 否则进入步骤 5。

步骤 5 对  $FS = \{S_1, S_2, \dots, S_p\}$  集合中的每个服务  $S_i (i = 1, 2, \dots, p)$ , 按照式 (7) 计算  $TEvaluate(RS, S_i)$ , 若  $TEvaluate(RS, S_k) = \max_{i=1,2,\dots,p} TEvaluate(RS, S_i)$ , 则  $S_k$  就是要选择的服务, 转步骤 8。

步骤 6 对  $SS = \{S_1, S_2, \dots, S_l\}$  集合中的每个服务  $S_i (i = 1, 2, \dots, l)$ , 按照式 (9) 计算  $TEvaluate(S_i)$ 。若  $TEvaluate(S_k) = \max_{i=1,2,\dots,p} TEvaluate(S_i)$ , 则  $S_k$  就是要选择的服务, 转步骤 8。

步骤 7 提示未找到服务, 转步骤 9。

步骤 8 返回  $S_k.ID$ 。

步骤 9 服务选择结束。

3.2 选择逻辑

云制造环境下基于可信评价的制造云服务选择逻辑如图 1 所示。

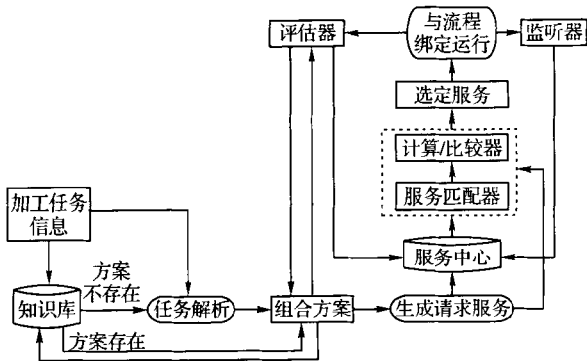


图 1 基于可信评价的云服务选择逻辑

云服务选择的基本依据是用户的加工任务信息或需求信息, 可以根据这些信息查询知识库。知识库中存放有专家提供的组合方案和经过验证稳定可靠的组合方案: 如果组合方案存在, 将其直接取出; 如果组合方案不存在, 则需要根据加工任务信息或需求信息进行功能分析和流程分析, 以生成组合方案。将组合方案中的原子请求封装成虚拟的请求服务,

并查询服务注册中心, 对查询的待选云服务利用服务匹配器与虚拟请求服务进行匹配, 判断待选云服务的技术参数和生产能力是否与请求服务相匹配。如果匹配, 则由计算器计算待选云服务的可信评价值, 选择可信评价值最大的待选云服务作为选定的云服务, 与流程绑定并运行。监听器负责对云服务运行过程中的实时信息进行监听, 并将监听信息反馈至服务中心, 为云服务能力的判断提供依据。评估器有两个作用: 一是对原子云服务进行评估, 以决定该服务是否进入  $Friend$  集合; 二是对组合方案进行评估, 以决定是否将组合方案加入知识库, 作为知识沉淀下来, 供以后使用。

4 算例分析

本章通过一组仿真实验比较 3 种服务选择方法的效果, 并对结果进行分析和评价。3 种选择方法为: 1) 随机服务选择。在满足功能需求的服务列表中随意选取并访问。2) 基于能力匹配的服务选择。对满足功能需求的服务, 判断任务与服务在时间、价格上是否匹配, 在能力匹配的服务列表中随机选取并访问。3) 基于可信评价的服务选择。对满足功能需求和能力匹配的服务列表中选择可信评价值最大的服务进行调用。

4.1 实验参数设置

假设有一制造活动需要调用 5 个原子云服务  $S_a, S_b, S_c, S_d$  和  $S_e$ , 5 个原子云服务按照如图 2 所示的业务流程进行组合, 从而构成组合服务  $VS$ 。流程中包含了顺序、选择和循环, 设其中循环因子  $p = 0.2$ , 选择  $S_b$  的概率  $\alpha = 0.6$ 。

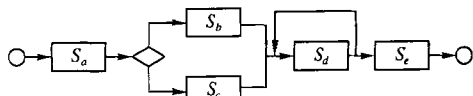


图 2 业务流程

实验假设与任务请求工作参数相匹配的服务均为 20 个, 这些服务构成 5 个  $Family$  集合, 所谓的服务选择实际上是从 5 个集合中选择合适的服务, 以使组合服务  $VS$  的可信评价最高。每个服务的状态有空闲、忙、预订、维修 (报废意味着服务不可用, 在此不予考虑), 分别用 1, 2, 3, 4 表示, 由随机函数动态生成; 服务加工能力设为 50 ~ 100 的随机数, 单位为“件/天”; 服务的等待时间设为 1 ~ 4 的随机数, 单位为“天”; 每个服务有一个评价列表, 列表共有 20 行, 反映了其他使用该服务的服务对其所作的可信评价。评价列表每一行有 7 个子项, 分别表示可用性、可靠性、时效性、价格、诚信度、评价时间和评价者; 可用性、可靠性、时效性、价格和诚信度为随机生成的 0 ~ 1 的随机数; 评价时间和评价者也由程序随机生成, 评价者仅有 3 个, 用  $S_1, S_2$  和  $S_3$  表示, 设  $S_1$  的诚信度为 0.95,  $S_2$  的诚信度为 0.9,  $S_3$  的诚信度为 0.85; 可用性、可靠性、时效性、价格和诚信度在可信评价中所占的权值依次设为 0.3, 0.2, 0.1, 0.2 和 0.2。某次任务要生产 1000 件产品, 对各个服务的时间约束以整数的形式表示, 对  $S_a, S_b, S_c, S_d$  和  $S_e$  的时间约束取值置为 (2, 32), (4, 24), (6, 26), (8, 48) 和 (10, 20)。

4.2 结果分析

基于 4.1 节的参数设置, 利用 Java 语言编写仿真程序分别实现 3 种服务选择方法。实验利用式 (6) ~ (7)、(9) 分别计算服务的某次可信评价值、某个评价者对服务的总体可信评价值和服务的整体可信评价值; 利用式 (10) ~ (12) 和图 2 所示的业务流程计算组合服务  $VS$  的可信评价值, 并由此来判断选择算法的优劣。

实验首先模拟对相同服务集的 30 次选择。其中, 采用基于能力匹配的服务选择和基于可信评价的服务选择时出现 4

次没有选中的情况,这一点与两种方法都考虑加工任务与服务的匹配有关,也就是说在 *Family* 集中出现了没有满足能力匹配的服务存在的情况。在剩余的 26 次中选择 20 次来比较 VS 的可信评价价值,为了防止较小的值在比较上的不便,将每次计算出 VS 的可信评价价值扩大 10 倍,其对比结果如图 3 所示。从中可以看出对于基于能力匹配的选择方法来说,其可信评价的最大值可以与基于可信评价的方法相等,但在绝大多数情况下其可信评价要比基于可信评价的方法小;对于随机选择的方法来说,其可信评价最大值可以比基于可信评价的方法大,其原因在于随机选择的方法可能会选择一些以往可信评价高,但与本次任务并不匹配的服务;因为是对同一个服务集进行选择,所以不论选择多少次,基于可信评价的选择方法其可信评价总保持一致,并维持在一个较高的水平上。

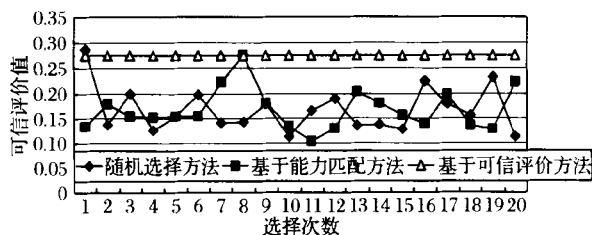


图3 对相同服务集三种选择方法的比较

实验接着模拟对不同服务集进行 20 次选择时对组合服务的影响。在 50 次选择中,基于能力匹配的服务选择和基于可信评价的服务选择时出现 17 次没有选中的情况,在剩余的 33 次选择中选取 20 次来比较 VS 的可信评价价值,同时也将每次计算出 VS 的可信评价价值扩大 10 倍,其对比结果如图 4 所示。从中可以看出,基于可信评价的选择方法与另外两种方法相比,其可信评价总维持在一个较高的水平上。

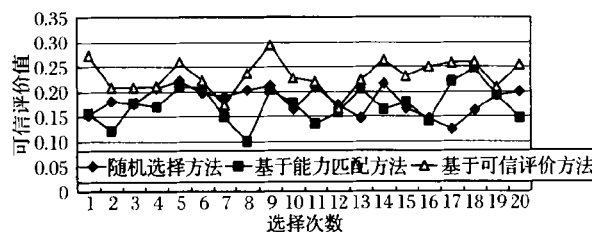


图4 对不同服务集三种选择方法的比较

## 5 结语

服务选择是服务组合的基础,也是云制造能否落地的一

个关键。本文针对云制造环境下用户很难获得合适服务的问题,提出一种基于可信评价的服务选择方法。首先对问题进行了描述,并给出制造云服务、可信特征集和服务族等的形式定义;接着给出原子服务和组合服务可信评价价值的计算方法,在计算可信评价时综合考虑时间、评价者的诚信度等因素;随后将服务的物理地址、服务的状态、服务的任务负载、服务的技术参数、服务价格、任务时间约束和服务可信评价等因素纳入服务选择的依据,建立了基于可信评价的制造云服务选择模型;最后设计了仿真实验,通过 3 种服务选择方法的对比来说明基于可信评价的服务选择方法的有效性。当然,本文在研究服务选择时主要考虑的是制造设备服务的选择;同时在服务选择时没有考虑物料的约束条件和任务动态变更(如交货日期提前)的情况,未来工作将对这些内容进行深入探讨。

## 参考文献:

- [1] 张霖,罗永亮,范文慧,等.云制造及相关先进制造模式分析[J]. 计算机集成制造系统,2011,17(3):458-467.
- [2] 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.
- [3] 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):449-457.
- [4] 李素粉,范玉顺.基于信任关系的业务服务选择方法[J]. 计算机集成制造系统,2011,17(10):2278-2285.
- [5] 朱锐,王怀民,冯大为.基于偏好推荐的可信服务选择[J]. 软件学报,2011,22(5):852-864.
- [6] 胡春华,刘济波,刘建勋.云计算环境下基于信任演化及集合的服务选择[J]. 通信学报,2011,32(7):71-79.
- [7] 王俊丽,柳先辉,卫刚.基于服务质量的 Web 服务优化选择算法及仿真[J]. 同济大学学报:自然科学版,2011,39(4):599-605.
- [8] 张会兵,侯义斌,黄樟钦,等.环绕智能环境下自适应服务选择方法研究[J]. 小型微型计算机系统,2011,32(8):1599-1603.
- [9] 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):477-486.
- [10] 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):2510-1520.
- [11] 井浩,张聚,李军怀.基于 WSRF 的网络化制造资源 Web 服务封装的研究[J]. 计算机工程与应用,2007,43(15):22-25.
- [12] 祝希路,王柏.支持区间型 QoS 的 Web 服务选择[J]. 北京邮电大学学报,2011,34(4):80-84.
- [13] 刘书雷,刘云翔,张帆,等.一种服务聚合中 QoS 全局最优服务动态选择算法[J]. 软件学报,2007,18(3):646-656.

(上接第 7 页)

- [9] ZHANG H, ZHANG J B, ZHANG T. Leak research concerning BitTorrent meta file [C]// Proceedings of the 2011 Second International Conference on Networking and Distributed Computing. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2011: 347-351.
- [10] PITSILIS G, PERIORELLIS P, MARSHALL L. A policy for electing super-nodes in unstructured P2P networks [C]// Proceedings of the Third International Conference on Agents and Peer-to-Peer Computing. Berlin: Springer-Verlag, 2005, 3601: 54-61.
- [11] PERIORELLIS P, IDOWU O C, LYNNDEN S J, et al. Dealing with complex networks of process interactions: a security measure [C]// Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Engineering Complex Computer Systems Navigating Complexity in the e-Engineering Age. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 29-36.
- [12] 杨寿保,许通,胡云.用户需求适应的 P2P 超级节点选取机制[J]. 电子科技大学学报,2009,38(3):385-388.
- [13] ZHAO S H, CHEN G L, WU C X, et al. A strategy for selecting super-peer in P2P and grid based hybrid system [C]// Proceedings of the 3rd International Conference on Technologies for E-Learning and Digital Entertainment. Berlin: Springer-Verlag, 2008: 192-199.
- [14] MONTRESOR A. A robust protocol for building superpeer overlay topologies [C]// Proceedings of the Fourth International Conference on Peer-to-Peer Computing. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 202-209.
- [15] LI J, VUONG S. An efficient clustered architecture for P2P networks [C]// Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 278-283.

作者：魏乐, 赵秋云, 舒红平, WEI Le, ZHAO Qiuyun, SHU Hongping  
作者单位：成都信息工程学院计算机学院, 成都, 610225  
刊名：计算机应用 ISTIC PKU  
英文刊名：Journal of Computer Applications  
年, 卷(期)：2013, 33(1)

参考文献(13条)

1. 张霖;罗永亮;范文慧 云制造及相关先进制造模式分析[期刊论文]-计算机集成制造系统-CIMS 2011(03)

2. 李伯虎;张霖;王时龙 云制造—面向服务的网络化制造新模式 2010(01)

3. 李伯虎;张霖;任磊 再论云制造[期刊论文]-计算机集成制造系统-CIMS 2011(03)

4. 李素粉;范玉顺 基于信任关系的业务服务选择方法[期刊论文]-计算机集成制造系统-CIMS 2011(10)

5. 朱锐;王怀民 冯大为基于偏好推荐的可信服务选择[期刊论文]-软件学报 2011(05)

6. 胡春华;刘济波;刘建勋 云计算环境下基于信任演化及集合的服务选择[期刊论文]-通信学报 2011(07)

7. 王俊丽;柳先辉;卫刚 基于服务质量的Web服务优化选择算法及仿真[期刊论文]-同济大学学报(自然科学版) 2011(04)

8. 张会兵;侯义斌;黄樟钦 环绕智能环境下自适应服务选择方法研究[期刊论文]-小型微型计算机系统 2011(08)

9. 陶飞;张霖;郭华 云制造特征及云服务组合关键问题研究[期刊论文]-计算机集成制造系统-CIMS 2011(03)

10. 张霖;罗永亮;陶飞 制造云构建关键技术研究[期刊论文]-计算机集成制造系统-CIMS 2010(11)

11. 井浩;张璟;李军怀 基于WSRF的网络化制造资源Web服务封装的研究[期刊论文]-计算机工程与应用 2007(15)

12. 祝希路;王柏 支持区间型QoS的Web服务选择[期刊论文]-北京邮电大学学报 2011(04)

13. 刘书雷;刘云翔;张帆 一种服务聚合中QoS全局最优服务动态选择算法[期刊论文]-软件学报 2007(03)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jsjyy201301007.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjyy201301007.aspx)