

语义 Web 服务的形式化及其组合研究

段跃兴

(太原理工大学 计算机科学与技术学院, 山西 太原 030024)

摘要:描述逻辑是语义网的理论基础,文章首先对语义 Web 服务中的输入/输出参数进行了抽象描述,依据描述逻辑的观点得到了语义 Web 服务的形式化定义。同时把语义 Web 服务映射成描述逻辑描述下的某一领域中的概念,通过归纳的方法组合形成了新的语义 Web 服务,并将新组合形成的服务是否有意义这一问题转化为了描述逻辑中概念的满足性问题。引入 Tableau 算法后,文章证明了新语义 Web 服务是可终止的,并给出了判断语义 Web 服务满足性的可判定过程,这一工作为具体语义下的 Web 服务的发现、组合等问题的解决提供了理论基础。

关键词:语义 Web 服务;描述逻辑;Tableau 算法

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)01-0087-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.01.022

Research on Formalization and Composition of Semantic Web Services

DUAN Yue-xing

(College of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Description logic is the theoretical basis of the semantic Web. Through depicting abstractly the input/output parameter type in semantic Web services, get the formal definition of semantic Web services. According to the description logic point of view, semantic Web services were mapped into a concept in the domain, by the combination of semantic Web services inductively define the new concept to form a new semantic Web services. Whether the new service makes sense depends on the satisfiability of the new concept of description logic. By introducing of Tableau algorithms, proved that the new semantic Web service can be terminated and given a decision procedure for satisfiability of semantic Web services. This work provides a theoretical basis for discovering and compositing the Web services under specific semantics.

Key words: semantic Web services; description logic; Tableau algorithm

0 引言

2000 年 12 月, Tim Berners-Lee 在 XML2000 会议的报告中首次给出了语义 Web 的层次结构图, 指明了语义 Web 的研究框架。随后在 Nature Scientific 和 American 上将语义 Web^[1] 的思想和动人前景展现在了大家面前。目前在语义 Web 的研究中, 语义 Web 服务的研究是较为热门的话题之一。然而其难点在于语义 Web 服务的发现、组合上面^[2], 这一领域的研发进程也决定着 Web 服务在语义 Web 应用中其潜力的进一步发挥, 这已是许多研究人员的共识^[3-5]。有关语义 Web 服务的研究, W3C 联盟也相继给出了 OWL-S^[6]、WSMO^[7]、SWSO^[8]、WSDL-S^[9] 等相关标准, 它们通过各自的方式给 Web 服务添加了语义, 实现了在

Web 服务中提供语义的目标, 为机器与机器、人与机器更好地交流奠定了基础。从整体上看 OWL-S 由一整套本体构成, 从 ServiceProfile、ServiceModel 和 ServiceGrounding 三个方面对 Web 服务进行语义标注, 不但可以描述 Web 服务的语义, 而且能够进行适当的推理。WSMO、WSML (Web Service Modeling Language, 万维网服务建模语言) 和 WSMX (Web Service Modeling eXecution environment, 万维网服务建模运行环境) 是欧洲研究语义万维网组织 ESSI (Europe Semantic System Initiative) 提出的有关语义 Web 服务的标准。在语义 Web 服务的研究中, 以 WSMO 本体为依托, 采用 WSML 语言来描述 Web 服务, 目前已开发出了相应的语义 Web 服务组合框架, 如基于 WSMO 中介器的 IRS-III^[10]。WSDL-S 采用了直接在文档中添加语义的描述方法, 并尽量保持与现有的协议和技术的兼容, 然而对服务需求方的语义描述缺乏支撑。由此可见, 目前业界对 Web 服务的语义描述各不相同, 直接

收稿日期: 2012-05-15; 修回日期: 2012-08-23

作者简介: 段跃兴 (1964-), 男, 副教授, 硕士, CCF 会员, 研究方向为语义网及网络信息安全。

导致了它们之间相互不能调用,更谈不上组合,由此还会带来一系列的其它问题,比如在不同环境下如何发现语义 Web 服务以及后续的 Web 服务的普及应用。

形式化与自动推理的方法是当前研究语义 Web 服务的主流方法之一,通过这种方法对语义 Web 服务的研究已有了一些结果,如文献[11]用了描述逻辑公理来刻画 Web 服务的 IOPR(Inputs, Outputs, Preconditions and Results),提出了把语义 Web 服务组合问题转化为描述逻辑推理问题的方法。文献[12]采用了情景演算理论对 OWL-S 进行了形式化并刻画了其语义。文献[13]引入了一种基于描述逻辑的 action formalism,分析了不同描述逻辑对标准推理任务的影响,为研究有关 action community 推理打下了坚实基础。

文中以描述逻辑为理论基础,通过对语义 Web 服务描述语言 OWL-S、WSDL-S、WSML、SWSL 中的输入/输出参数类型进行抽象刻画,从形式化的角度对语义 Web 服务重新加以考虑,得到了语义 Web 服务的形式化描述。把语义 Web 服务的组合看成是一个新的语义 Web 服务的形成,新服务是否能形成其实这就是描述逻辑中新概念的满足性问题,通过 tableau 算法,给出了证明。这一工作对语义 Web 服务的组合及其框架的研发在理论上给予了有力的支持。

1 语义 Web 服务的形式化

1.1 描述逻辑

描述逻辑(Description Logic)是一族知识表示语言,它以结构化的和易理解的形式来表示领域知识,是语义 Web 本体语言 OWL 的逻辑基础,同时还是一阶谓词的可判定子集^[14]。通过定义领域内的概念和角色及其它它们之间的关系,能够刻画出领域内的个体信息。在描述逻辑中有三个基本元素:概念(concept)、角色(role)和个体(individual)。解释 $I = (\Delta', \cdot')$ 是一个二元对, Δ' 是代表论域的非空集合, \cdot' 是解释函数,它将基本概念映射为 Δ' 的子集,将基本角色映射为 $\Delta' \times \Delta'$ 的子集。在论域 Δ' 中原子概念对应一元关系,而原子角色对应二元关系。描述逻辑的特性就是在原子概念和角色之上利用构子通过归纳的方法,创建出更多的、复杂的、新的概念和角色。在 DLs 中基本构子有否定(\neg)、析取(\cup)、合取(\cap)、存在性约束(\exists)和全称性约束(\forall), ALC(Attributive concept description language with complements)是 DLs 中最基本的描述语言^[15],由 Schimidt-Schauß 和 Smolka 于 1991 年提出,其它描述语言都是对 ALC 的扩展。

1.2 语义 Web 服务的形式化

语义 Web 服务的描述已呈现出多种形式,即某一领域中的同一个服务可以用不同的语义 Web 服务语

言来描述,既可以用 OWL-S、WSDL-S、WSML 也可以用 SWSL 来表示,然而它们的语义都离不开领域本体,服务都是在特定的领域中形成的,不同领域中的服务相差甚远,例如你不可能在金融领域得到有关出行的交通售票服务,反之你也不可能在交通领域得到进行储蓄或取现的服务。可以把某几个领域内用某种语义描述所生成的全部服务看成是所讨论的论域,即论域中的每个个体是这些领域中的一个相关服务。我们都知道服务的特点就是面向大众的、公平的,但它涉及到的两个最基本的方面一个是输出,一个是输入,在公平性面前输入可以默认,可以匿名,而输出(在一定的抽象后)有唯一性,在这个前提下,可以将语义 Web 服务看成是在一个领域中用某种语义 Web 服务描述语言所形成的同类服务的一个抽象概念,即用描述逻辑描述的某一个领域中的概念,而服务之间的关系看成是描述逻辑中的角色。

下面将在论域中进行讨论,领域用本体 T 来表示,即所讨论的论域是使用某种语义 Web 服务标记语言针对不同领域而形成的所有服务的个体集合。

定义 1 用下面的表达式来描述一个领域中的语义 Web 服务: 设 I 是一个非循环的 TBox, 在 I 下一个原子服务 $SWS \equiv (I, O)_I$, 其中 $I = \langle I_1, I_2, \dots, I_n \rangle$, $O = \langle O_1, O_2, \dots, O_m \rangle$, I 是执行服务时所需要输入的个体 T 中的一组概念, O 是服务执行后输出的个体 T 中的一组概念, n, m 是两个不同的正整数。即可以将一个原子服务理解为 ALC 中的一个概念。

定义 2 设 N_C 和 N_R 分别是某一论域中可数的原子服务集和原子服务关系集。有关服务的描述可以通过递归的方法来定义:

(1) 对于任意一个原子服务 A , 如果有 $A \in N_C$, 则称 A 是一个 ALC 服务。

(2) 若 C 和 D 是 ALC 服务, R 是 ALC 原子服务关系, 即 $R \in N_R$, 则表达式 $(\neg C)$, $(C \cap D)$, $(C \cup D)$, $(\exists R. C)$, $(\forall R. C)$ 均为 ALC 服务。

用顶服务 \top 对应着论域中的全部服务个体的集合, 而 \perp 是对应着空集的底服务。

1.3 新服务的形成

描述逻辑中概念的定义是通过归纳来定义的, 由此通过已知的有限个服务就可以形成无限可数的新的服务。假设语义 Web 服务 $U \equiv (I^*, O^*)_I$, $C \equiv (I, O)_I$, $D \equiv (I', O')_{I'}$, 其中 $I^* = \langle I_1, I_2, \dots, I_p \rangle$, $O^* = \langle O_1, O_2, \dots, O_q \rangle$, $I = \langle I_1, I_2, \dots, I_n \rangle$, $O = \langle O_1, O_2, \dots, O_m \rangle$, $I' = \langle I_1, I_2, \dots, I_l \rangle$, $O' = \langle O_1, O_2, \dots, O_r \rangle$, I, I', I^* 分别是执行服务时所需要输入的相应个体 T 中的一组概念, O, O', O^* 分别是服务执行后输出的相应个体 T 中的一组概念。新服务为:

$U = \neg C$ 服务 U 的输入属于非 C 的某个服务的输入,输出属于非 C 的输出。

$U = C \cup D$ 服务 U 的输入 I^* 满足 I 或 I' ,服务 U 的输出 O^* 是 O 或 O' ;也可以是: I^* 的一部分满足 I ,另一部分满足 I' ,而输出 O^* 一部分是 O 另一部分是 O' 。

$U = C \cap D$ 服务 U 的输入 I^* 要同时满足 I 和 I' ,服务 U 的输出 O^* 是 O 和 O' 的共同部分。

$U = \exists R. C$ U 是这样的服务:至少存在一个这样的服务与服务 C 满足关系 R , U 的输入与输出和服务 C 的输入与输出,有着某种关系。

$U = \forall R. C$ U 是任意一个与服务 C 满足关系 R 的服务, U 的输入与输出和服务 C 的输入与输出,有着某种关系。

这里的关系 R ,就像描述逻辑中那样会有多种形式,如具有传递性、可逆性、层次性等等,随着不同的特性,输入与输出与服务 C 的输入与输出会有某种必然的联系。

2 ALC 的 Tableau 算法

2.1 算法的基本思想

描述逻辑是一阶谓词逻辑的可判定子集,对于一个 ALC 概念 C_0 来说,要判断它是否是可满足的,其实就是要看是否能寻找到这样的解释 $I = (\Delta', \cdot')$,使得: $C_0' \neq \Phi$ 成立,如果能找到则表明,在解释 I 下概念 C_0 是满足的,否则 C_0 是不可满足的。这样如何寻找解释 $I = (\Delta', \cdot')$ 成为判断概念 C_0 是否为可满足的关键,现实当中这样的解释是不可数的,也不可能遍历所有这样的解释来进行一一判断。Tableau 算法的核心思想就是针对某一概念来构造其表达式的模型来证明它是否是可满足的。文献[16]已阐述了对一个 ALC 概念是如何来构造其模型的,并证明了如果该概念是满足的,则其模型为一棵完整的树。

2.2 Tableau 算法的设计

这里将 Web 服务看成是领域中的概念,一个 Web 服务是否有意义,从描述逻辑的角度看也就是要判断该 Web 服务所对应的概念是否是可满足的,即在某一语义 Web 服务描述语言下该概念是否为满足的,Tableau 算法设计的核心就是要细化 Web 服务通过 ALC 中的构子由原子服务组合而成的过程,下面给出具体的实施步骤:

- 第一步,输入一个 ALC 服务 C_0 。
- 第二步,产生树根 x_0 ,把服务 C_0 看成概念后,其解释 C_0' 中的一个元素。
- 第三步,形成判断树,假设 C_0 是非原子服务,否则是可直接判断。根据表 1 中的算法规则,首先对构成

服务 C_0 的组成子集进行有无存在性约束(\exists)的判断,如果存在需要明确其总数量,对每一个带有存在性约束(\exists)的服务/概念形成树的一新的子节点 x ,并用 $L(x)$ 标注该子节点 x ,对于树根 x_0 ,有 $L(x_0) = \{C_0\}$, $L(x)$ 即为一个由一些服务/概念构成的集合, $L(x)$ 包含于其对应的服务/概念的子集,对于树根 x_0 ,显然有 $L(x_0)$ 包含于 $\text{Sub}(C_0)$ 。对每一个带有存在性约束(\exists)的服务/概念,都执行如上的判断运算,就会不断扩展树的深度,如果在服务 C_0 的子集部分中找不到带有无存在性约束(\exists)的服务/概念,则停止运算执行。这样当对所有节点都进行了判断后,即在 $L(x)$ 中如无冲突且无规则可实施时,就会得到一棵完整的、无冲突的判定树。

表 1 ALC - Tableau 算法规则

规则名	规则
\wedge - 规则	如果服务 $C \wedge D \in L(x)$,且 C 或 D 不属于 $L(x)$,则 $L(x) \rightarrow L(x) \vee \{C, D\}$
\vee - 规则	如果服务 $C \vee D \in L(x)$,且 $\{C, D\} \wedge L(x) = \Phi$,则 $L(x) \rightarrow L(x) \vee \{B\}$,其中 $B \in \{C, D\}$
\exists - 规则	如果服务 $\exists R. C \in L(x)$,且 $L(x)$ 标注的节点集合中不存在个体 y 使得: $\langle x, y \rangle \in R^I, C \in L(y)$,则存在新个体 z ,使得 $L(x) \rightarrow L(x) \vee \{C \mid L(\langle x, z \rangle) = R, L(z) = \{C\}\}$
\forall - 规则	如果服务 $\forall R. C \in L(x)$,且 $L(x)$ 标注的节点集合中存在个体 y 使得: $\langle x, y \rangle \in R^I$,但 $C \notin L(y)$,则 $L(x) \rightarrow L(x) \vee \{C\}$

输出:满足 C_0' 非空的个体。

3 服务满足性的可判定过程

现实中在一个领域内(无论用那种语义 Web 服务语言)所形成的服务都是有限的,而通过它们来构成新的服务则是无限可数的,判断一个新的服务是否有意义,从描述逻辑的角度看就是要看对于领域中 TBox 的解释 I, Δ' 中是否存在非空集合满足该服务,具有这种性质的服务称它是关于 T 可满足的,否则关于 T 是不可满足的。这也就是说如果服务具有可满足性就意味着在非空集合 Δ' 中能发现一个具体的服务(个体),对于组合服务来讲就是说其结果是存在的,这也解决了有关组合服务其组合是否有意思的问题,语义 Web 服务的组合问题转化成了描述逻辑中一个概念的满足性判断问题。判断一个 ALC(组合)服务是否为满足的,通过 ALC 的 Tableau 算法便能实施具体的判定,为此,首先证明 ALC Tableau 算法的界限性。

界限性 对任一 ALC - 服务 C_0 ,实施 Tableau - 算法后都停机。

证明:对任意一个 ALC - 服务 C_0 ,记其长度为 $|C_0|$ 。对 C_0 运用 Tableau 算法后,记 x_0 为树根, x_0 的标注为 $L(x_0)$,则有 $L(x_0) = \{C_0\}$,且 $L(x_0)$ 包含于 $\text{Sub}(C_0)$,由文献[17]中引理知: $|\text{Sub}(C_0)| \leq |C_0|$

|, 所以: $|L(x_0)| \leq |C_0|$ 成立, 即服务 C_0 中带有存在约束词 (\exists) 的服务数量不会超过 $|C_0|$, 即每个带有存在限定词 (\exists) 的服务其所对应的节点数也不会超过 $|C_0|$, 把它们记为树的一级节点 x_i , 其标记为 $L(x_i), i = 1, 2, \dots, |C_0|$ 。如果在 x_i 的标记 $L(x_i)$ 中仍然有存在性约束 (\exists) 的服务, 其数量仍不会超过 $|C_0|$, 这是因为 $L(x_i)$ 包含于 $L(x_0)$, 将 x_i 下的节点记为树的二级节点 $x_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, |C_0|$, 将 x_{ij} 下的节点记为树的三级节点 $x_{ijk}, i, j, k = 1, 2, \dots, |C_0|$, 依次类推。

节点 x 的深度 $\text{role-depth}(x) = \max\{\text{role-depth}(C) \mid C \in L(x)\}$, 见文献[17], 同时易知服务 C_0 的关系深度不会超过 $|C_0|$ 。如果 z 是 x 的 R -后续, 有 $\text{role-depth}(z) < \text{role-depth}(x) \leq |C_0|$ 。事实上, 在节点 x 的标注 $L(x)$ 中, 如果有带有存在性约束的服务 $\exists R.D$, 即 $\exists R.D \in L(x)$, 根据表 1 中的规则, 有新的个体 z , 使得:

$$L(x) \rightarrow L(x) \vee \{C \mid L(\langle x, z \rangle) = R, L(z) = \{C\}\}$$

所以 $L(z)$ 包含于 $L(x)$, 而 $\text{role-depth}(z) = \max\{\text{role-depth}(C) \mid C \in L(z)\}$

所以 $\text{role-depth}(z) < \text{role-depth}(x) \leq |C_0|$, 在由 ALC-Tableau 算法规则构造出的判断树中, 树的子节点的级数也是有限的, 并且不会超过 $|C_0|$, 即节点 $x_{i \dots j}$ 中下标 $i \dots j$ 的位数是有限的。这样 Tableau 算法的执行过程就是遍历由节点 $x_0, x_{ij}, x_{ijk}, \dots, x_{i \dots j}$ 生成树的过程, 而树的子节点的数目不会超过: $1 + |C_0|^2 + |C_0|^3 + \dots + |C_0|^{|C_0|}$ 。故实施 Tableau 算法是可停机的。

完备性 对任一可满足的 ALC 服务 C_0 , 实施 Tableau 算法后一定返回“ C_0 是可满足的”。

证明: 设 C_0 是一个可满足的 ALC 服务, 即存在解释 I 使得 $C_0^I \neq \Phi$ 成立, 也就是说有个体 $x_0 \in C_0^I$ 。假设 $C_0 = A \vee B$, 对服务 C_0 运用 ALC-Tableau 算法规则, 即 $L(x_0) \rightarrow L(x_0) \vee \{A\}$, 或 $L(x_0) \rightarrow L(x_0) \vee \{B\}$, Tableau 算法对可满足性保持了一致性, 这是因为, 当 $C_0^I \equiv A^I \vee B^I$ 时, 因为 $C_0^I \neq \Phi$, 有 $A^I \neq \Phi$ 或 $B^I \neq \Phi$, 对节点 x_0 重新标注后, 无论哪种情况出现概念的可满足性不会改变。类似地当 $C_0 = A \wedge B \mid \forall R.C$ 时, 对节点 x_0 重新标注后, 可满足性仍然保持不变。当服务 C_0 包含服务 $\exists R.C$ 时, 因为 $C_0^I \neq \Phi$, 由定义 ($\exists R.C$)^I $\equiv \{x \in \Delta^I \mid \exists y \in \Delta^I, \text{使得}: (x, y) \in R^I \wedge y \in C^I\}$, 可知, 至少存在一对 x, y 使得 $(x, y) \in R^I$, 且 $y \in C^I$, 表明服务 C 的解释 $C_0^I \neq \Phi$, 同时服务 $\exists R.C$ 的解释 ($\exists R.C$)^I $\neq \Phi$ 。由于 Tableau-算法是可停机的,

经过有限次重复 Tableau-运算规则后对服务 C_0 的可满足性仍保持不变, 故命题成立。

判定性 对于 ALC 服务 C 的可满足性, 通过 Tableau 算法是可判定的。

证明: 对于任意一个 ALC 服务 C , 实施 Tableau 算法后, 由完备性定理即可进行判断其满足性。得证。

4 结束语

用描述逻辑对语义 Web 服务进行了抽象化处理, 将语义 Web 服务看成领域中的概念, 给出了它的形式化定义, 并证明了 Web 服务组合的可终止性, 即在具体的语义 Web 服务语言描述下 Web 服务是可满足的。

下步工作将对服务之间的关系比如它们之间具有何种特征才能称为具有了传递性、可逆性、层次性等, 同时相关本体中概念之间应该蕴涵什么关系、要涉及到哪些方面的因素, 都需要做进一步的考虑。其次, 用 Tableau 算法证明 Web 服务的可终止性时, 尽管算法是多项式时间的, 但当服务组合时服务之间的关系明确后可以进一步来探讨算法的效率, 来找到形成新服务的最佳路径。这些工作对在具体语义 Web 服务语言下的新服务的形成/组合起着重要的指导作用。

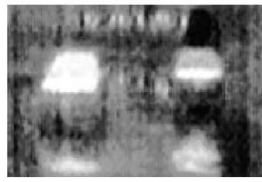
参考文献:

- [1] Berners-Lee T, Hendler J, Lassila O. The semantic web[J]. Scientific American, 2001, 284(5): 34-43.
- [2] Charif Y, Ssbouret N. An Overview of Semantic Web Services Composition Approaches[J]. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 2006, 146: 33-41.
- [3] Majithia S, Walker D W, Gray W A. Automated Web Service Composition Using Semantic Web Technologies[C]//Proceedings of the International Conference on Autonomic Computing (ICAC'04). Washington, USA: IEEE Computer Society, 2004: 306-307.
- [4] Sirin E, Hendler J, Parsia B. Semi-automatic Composition of Web Services Using Semantic Descriptions[C]//Web Services: Modeling, Architecture and Infrastructure Workshop in ICEIS. France: [s. n.], 2003.
- [5] 邱莉榕, 史忠植, 林 芬, 等. 基于主体的语义 Web 服务自动组合研究[J]. 计算机研究与发展, 2007, 44(4): 643-650.
- [6] The OWL Services Coalition. OWL-S: Semantic Markup for Web Services[M]. [s. l.]: the OWL Services Coalition, 2003.
- [7] de Bruijn J, Bussler C, Domingue J, et al. Web Service Modeling Ontology (WSMO)[EB/OL]. 2005. <http://www.w3.org/Submission/WSMO/>.
- [8] Battle S, Bernstein A, Boley H, et al. Semantic Web Service

代后的超分辨率图像如图 4(c), 图 4(d) 所示。由图中可以看出, 经过相同的迭代次数, CT-RL 算法不仅使轮廓更加清晰, 而且能有效抑制由 RL 算法非线性频谱外推所产生的寄生波纹, 使车辆轮廓更接近于真实情况。



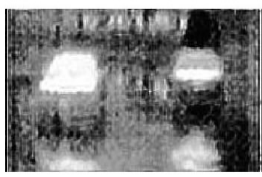
(a) 原始图片



(b) 降晰图片



(c) RL 算法复原图片



(d) CT-RL 算法复原图片

图 4 实验 2 结果

5 结束语

文中提出了一种针对无源毫米波图像的 CT-RL 超分辨率复原算法。该方法利用 RL 算法实现图像频谱外推, 并利用 Context 模型, 实现多幅迭代子图 CT 域自适应去噪, 最后提取各子图部分 CT 域高频信息进行逆 CT 变换以获得高分辨率图像。实验结果证明, 该方法能有效改善 RL 算法在频谱外推过程中对噪声敏感的缺陷并减弱寄生波纹, 有利于无源毫米波图像的超分辨率复原。

参考文献

[1] 张光峰. 毫米波辐射特性及成像研究[D]. 武汉: 华中科技大学

大学, 2005.

- [2] 张光峰, 李兴国, 娄国伟. 3mm 波段交流辐射计成像实验研究[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2008, 32(3): 361-366.
- [3] Hunt B R, Sementilli P. Description of a Poisson imagery super-resolution algorithm[J]. Astronomical Data Analysis Software and System I, 1992, 25: 196-199.
- [4] 闫河, 闫卫军, 李唯唯. 基于 Lucy-Richardson 算法的图像复原[J]. 计算机工程, 2010(15): 204-205.
- [5] Xiao Z L, Xu J Z, Peng S S, et al. Super-resolution image restoration of a PMMW sensor based on POCS algorithm[C]//Proceedings of the 1st International Symposium on Systems and Control in Aerospace and Astronautics. New York, USA: IEEE, 2006: 680-683.
- [6] 郑鑫, 杨建宇, 李良超. 无源毫米波成像最大似然频域校正超分辨率算法[J]. 自动化学报, 2009, 35(1): 29-33.
- [7] 闫敬文, 屈小波. 超小波分析及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 159-182.
- [8] 王本庆, 李兴国. 被动毫米波图像恢复的偏微分方程方法[J]. 探测与控制学报, 2009, 31(5): 26-28.
- [9] 赵剡, 张怡, 许东. 基于总变分规整化的湍流退化图像复原 RL 算法[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2007, 28(1): 70-72.
- [10] Chang S G, Yu B, Vetterli M. Spatially adaptive wavelet thresholding with context modeling for image denoising[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 2000, 9(9): 1522-1531.
- [11] Donoho D L. De-noising by thresholding[J]. IEEE Transaction on Information Theory, 1995, 41: 613-627.
- [12] Park H, Singh M K, Kim S H, et al. Blind Image Restoration for MMW Radiometer Based on Wavelet Techniques[J]. IEEE IGARSS, 2005, 5(6): 4279-4282.
- [13] Yujiri L. Passive millimeter wave imaging[C]//Microwave Symposium Digest, IEEE MTT-S International. San Francisco: [s. n.], 2006: 98-101.

(上接第 90 页)

- Ontology (SWSO) First-order Logic Ontology for Web Services[EB/OL]. 2005. <http://www.daml.org/services/swsl/report>.
- [9] Akkiraju R, Farell J, Miller J, et al. Web Service Semantics-WSDL-S Version1.0[EB/OL]. 2005. <http://www.w3.org/Submission/WSDL-S/>.
- [10] Domingue J, Cabral L, Hakimpour F, et al. Demo of IRS-III: A Platform and Infrastructure for Creating WSMO-based Semantic Web Services[C]//Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference (ISWC2004). Japan: [s. n.], 2004.
- [11] 王杰生, 李舟军, 李梦君. 用描述逻辑进行语义 Web 服务组合[J]. 软件学报, 2008, 19(4): 967-980.
- [12] 蒋运承, 史忠植. OWL-S 的形式语义[J]. 计算机科学, 2005, 32(7): 5-7.

- [13] Baader F, Lutz C, Milicic M, et al. A description logic based approach to reasoning about Web services[C]//Proc. of the WWW 2005 Workshop on Web Service Semantics: Towards Dynamic Business Integration. Chiba: ACM Press, 2005: 636-647.
- [14] Baader F, Nutt W. Handbook of Description Logic[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [15] Schmidt-Schau M, Smolka G. Attributive concept descriptions with complements[J]. Artificial Intelligence, 1991, 48(1): 1-26.
- [16] 梅婧, 林作铨. 从 ALC 到 SHOQ(D): 描述逻辑及其 Tableau 算法[J]. 计算机科学, 2005, 32(3): 1-11.
- [17] 段跃兴. ALC 中的 Tableau 算法及其性质[J]. 计算机应用与软件, 2010, 27(10): 272-274.

语义 Web 服务的形式化及其组合研究

作者: [段跃兴](#)
作者单位: [太原理工大学 计算机科学与技术学院, 山西 太原 030024](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201301024.aspx