

改进的传感器观测服务发布与匹配方法

谢晓燕, 黄 佳

(西安邮电大学 计算机学院, 陕西 西安 710061)

摘 要:当前 SPS 在面对大量 SOS 时,无法帮助用户快速有效地寻找到功能匹配的 SOS。文中在 SPS2.0 标准的基础上对 SOS 的发布和匹配进行了改进。首先使用 SAWSDL 规范对 SOS 描述文档 WSDL 及用户提交的观测任务进行扩充和语义标注,增强了服务描述能力和发现效率;其次通过在服务匹配阶段加入服务行为约束兼容性检测,既减小了匹配资源耗费,又保证了匹配精度;最后根据 SOS 的特点及各属性的权重值进行逻辑匹配,来减小匹配复杂度。实验结果表明,该方法较传统的 SPS 在查全率和查准率方面有较为明显的提高。

关键词:传感器规划服务;传感器观测服务;服务描述;服务匹配

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)01-0123-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.01.028

Modified Publication and Matching Method for Sensor Observation Service

XIE Xiao-yan, HUANG Jia

(School of Computer, Xi'an University of Posts and Telecommunications,
Xi'an 710061, China)

Abstract:At present, when the SPS faces a large number of SOS, it is unable to help users find the SOS that is function-matching effectively. In this paper, improve the method for SOS publication and matching based on SPS2.0 standard. The expanding and semantic tagging for the WSDL of SOS description document and the observed task submitted by user is carried out by SAWSDL specification firstly, which can enhance the capacity of the service description and discovery efficiency. Then the checking of compatibility to the service behavior constraints in the service matching stage is accomplished, not only can reduce the matching resources' cost but also ensure matching accuracy. Finally, based on SOS characteristics and the weight of each attribute value, the service matching is finished to reduce the complexity of the matching. The experimental results show that the approach, compared with traditional SPS, have evident improvement in recall and precision.

Key words:SPS; SOS; service description; service matching

0 引 言

OGC(Open Geospatial Consortium, 开放地理空间联盟)于 2005 年提出了一种新型的传感器网络标准,即 SWE(Sensor Web Enablement, 传感器网络整合框架)。它提供了一个通过 Web 发现、访问、应用所有类型传感器资源(包括硬件资源和数据资源)的标准平台。该框架包含有信息模型和功能模型两部分,其中信息模型包括 O&M(Observation&Measurement, 观测与测量)、SensorML(Sensor Model Language, 传感器建模语言)、EML(Event pattern Markup Language, 事件模

式标记语言);功能模型包括 SOS(Sensor Observation Service, 传感器观测服务)、SPS(Sensor Planning Service, 传感器规划服务)、SES(Sensor Event Service, 传感器事件服务)^[1]。

SPS 是用户与传感器测量环境的中间媒介,在系统中对用户观测请求做出响应。SPS 首先对用户请求的观测任务进行可行性判断,然后将其分配给匹配的传感器观测服务(SOS)^[2]。SOS 是用户和传感数据库的中间媒介,它能响应用户的需求,过滤和获取传感器观测数据。服务发布者将 SOS 注册在 SPS 中,以使用

收稿日期:2014-03-13

修回日期:2014-06-15

网络出版时间:2014-10-23

基金项目:陕西省自然科学基金研究计划资助项目(2012JQ8029);陕西省教育科研计划资助项目(12JK0938)

作者简介:谢晓燕(1972-),女,陕西西安人,博士,副教授,CCF 会员,研究方向为服务计算;黄 佳(1987-),男,山西霍州人,研究方向为计算机信息系统集成与分析。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141023.1520.047.html>

户发现和使用。目前已有的 SPS 系统只能完成对单一类型传感器的规划,无法同时在多种类型传感器间实现任务规划。例如地球观测系统 EO-1 的 SPS 只能规划指定类型的卫星数据,如果用户需要特定地点、特定时间的高分辨图像时,EO-1 SPS 便无能为力^[3]。如何让服务请求者能够准确地找到所需传感器观测服务是 SPS 急需解决的关键问题,而这个问题属于服务发现的研究领域。

Web 服务发现按服务描述方式划分为基于关键字、基于语法和基于语义三种方式^[4]。德国明斯特大学开发的 52North 系统在 SPS 中添加了基于关键字服务描述的资源管理模块 (AM) 来实现 SOS 的注册和发现^[5]。该方法实现了一种简单的匹配机制,但存在服务描述能力不强,灵活性差,服务的查准率和查全率不高等缺点。参考文献[6]在 SPS 基础上提出了一种基于服务关键字和语法相结合的服务描述方法来描述传感器观测服务,从而让用户匹配到合适的传感器平台。该方法通过数据预定的方式帮助用户找到合适的 SOS,但其服务描述方法仍然存在描述能力有限的缺点,例如它无法描述父类概念和子类概念之间的关系,对后续服务匹配的查准率和查全率有影响。

基于语义的服务描述利用本体表述的领域内知识,使得服务描述增添了语义信息^[7],从而解决了机器无法正确理解服务语义的问题,方便服务被自动发现。其中比较有代表性的是 Matthias Klusch 等提出的基于 SAWSDL 的服务匹配方法^[8],它在服务属性值与领域本体概念间建立了映射关系,并依据概念间的层次关系来计算服务的匹配度。文献[9]中采用基于概念本体相似度计算语义匹配程度的方法,通过建立相似概念本体及对应服务的索引表来提高服务匹配的效率,但该方法中相似度函数的定义和优劣的比较具有局限性。文献[10]采用基于概念本体逻辑匹配的方法来量化匹配结果,为每个等级的匹配结果赋值,从而有效地度量了服务的匹配程度;但该方法逻辑推理复杂,匹配资源耗费很大且未考虑各属性匹配的权重。

基于以上问题,文中首先使用 SAWSDL 规范对 SOS 的 WSDL 及用户提交的观测任务模版进行扩充和语义标注,增强服务的描述能力和发现效率;其次通过在服务匹配阶段加入服务行为约束兼容性检测,既减小了匹配资源耗费,又保证了匹配精度;最后根据 SOS 的特点及各属性的权重值进行逻辑匹配,来减小匹配复杂度。通过实验对比,结果表明该方法能有效提高 SOS 的查准率和查全率。

1 SOS 发布

W3C 组织在 2004 年至 2007 年相继提出了几种基

于语义描述语言,主要有 OWL-S、WSMO、SAWSDL 等^[11]。由于当前发布的 SOS 均采用传统的 WSDL 作为其服务描述标注,而 OWL-S 和 WSMO 描述方法对 WSDL 的改动很大,兼容性低且实现方法复杂,SAWSDL 则是在 WSDL 固有框架上设计,兼容性高且实现方法较为简单^[12],所以采用 SAWSDL 对 SOS 进行语义描述较为适合。

SOS 发布由 SPS 中的服务注册中间件实现,它包括两个功能:提取 SOS 的 Capability 描述文件中的观测行为信息并插入到 WSDL 文件中;对相应节点和元素进行语义标注,生成对应的 SAWSDL 文件。

1.1 WSDL 扩展

服务行为约束表示为保证服务能正确且有效执行而施加于服务上的一些条件^[13]。SOS 的服务行为约束条件主要有观测时间、观测地点、SOS 服务版本、观测精度等。观测任务请求者在请求服务时对于这些附加条件依赖性很强^[14]。SWE 标准中,服务行为约束条件都保存在 SOS 的 GetCapabilities 操作的反馈文件中。该响应文档为 XML 格式,OGC 为其制定了严格的格式标准,方便提取其中功能信息。通过 DOM 解析并提取文件中 SOS 的版本<ows:ServiceTypeVersion>、服务覆盖范围<sos:observedArea>、服务应用时间<sos:phenomenonTime>等信息。

WSDL2.0 中 types 元素用于定义 Web 服务的 I/O 数据类型。但是它只是对参数的数据类型进行了简单定义,并没有加入参数的约束条件。当用户需要精确匹配服务的特定条件时就无法实现。因此需要将服务发布者所提供的 WSDL 文件进行扩展,参考文献[15]中关于扩展 WSDL 的定义以及增强其描述能力的观点,在原有 types 元素中增加 paraDescription 来描述参数的约束,这样可以为服务匹配阶段的服务行为约束兼容性检测做好准备。在 paraDescription 元素中,有 enumerative、maxContain、minContain、max、min 等元素,分别用于描述不同类型的参数约束。SOS 经常使用的 I/O 参数数据类型有数值型和字符型,如表 1 描述了扩展后各个约束条件的意义。

表 1 paraDescription 中各元素的意义

约束	数值型	字符型
Enumerative	参数枚举值的集合	参数枚举值的集合
maxContain	参数的最大值且包含最大值	参数的最大长度值且包含最大长度值
minContain	参数的最小值且包含最小值	参数的最小长度值且包含最小长度值
Max	参数的最大值且不包含最大值	参数的最大长度值且不包含最大长度值
Min	参数的最小值且不包含最小值	参数的最小长度值且不包含最小长度值

扩展后的 WSDL 片段:

```

<xsd:element name="sosVersion" type="xsd:string">
<xsd:paraDescription base="xsd:string">
<xsd:value="2.0.0"/>
</xsd:paraDescription>
<xsd:element name="phenomenonTime" type="xsd:time-
Type">
<xsd:paraDescription base="xsd:int">
<xsd:minContaine="20110123"/>
<xsd:maxContaine="20130703"/>
</xsd:paraDescription>
<xsd:element name="observedArea" type="xsd:timeType">
<xsd:paraDescriptionbase="xsd:string">
<xsd:value="xian"/>
</xsd:paraDescription>

```

1.2 SAWSDL 生成

传统的 SAWSDL 语义标注存在不确定性。SAWS-
DL 规范中的 modelReference 可以对任意元素进行语
义标注,这样会导致语义相同的 Web 服务存在标注不
统一的 SAWSDL 文件。这种语义标注的多样性给将
来的服务匹配带来了很大的挑战。文中为了解决这一
问题,在标注语义之前将 WSDL 文件中功能描述的关键
元素及内容提取出来,得到的 WSDL 功能信息树如图
1 所示。

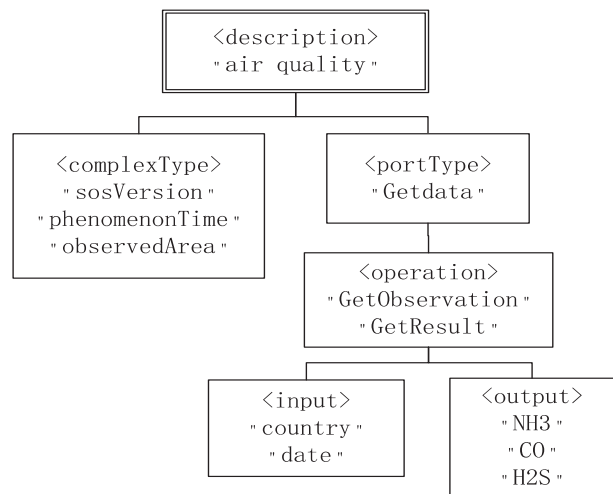


图 1 SOS WSDL 功能信息树

领域本体的构建需根据传感器观测场景的需求,由专业领域的专家完成,采用本体建模工具来创建本体实例。本体构建完成后,通过计算功能信息与领域本体概念的相似度,来确定它们之间的映射关系。文中采用了知网这一知识系统,它以汉语和英语词语所代表的概念为描述对象,规定每一个词汇用多个义项表示,而义原是描述一个词汇的最小单位,义原的相似度是词语概念相似度的基础^[16]。根据参考文献[16]中提供的方法,计算 WSDL 功能信息与本体中概念的相似度时,首先要计算两个词汇之间的义原相似度。下面给出义原相似度计算公式:

$$\text{Sim}(P_1, P_2) = \frac{\alpha}{d(p_1, p_2) + \alpha} \quad (1)$$

式中, p_1, p_2 表示两个义原; d 为其语义距离; α 为可调节参数。

当要计算两个词汇概念 (W_1, W_2) 间的相似度时,需要分别计算基本义原 ($\text{Sim}_1(W_1, W_2)$)、次要义原 ($\text{Sim}_2(W_1, W_2)$)、关系义原 ($\text{Sim}_3(W_1, W_2)$)、符号义原 ($\text{Sim}_4(W_1, W_2)$)。根据以上四种不同义原的相似度,概念 W_1, W_2 的语义相似度可由公式(2)得出。

$$\text{Sim}(W_1, W_2) = \sum_{i=1}^4 \beta_i \prod_{j=1}^i \text{Sim}(W_1, W_2) \quad (2)$$

其中, $\beta_i (1 < i < 4)$ 为可调节参数,且 $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1; \beta_1 \geq \beta_2 \geq \beta_3 \geq \beta_4$ 。

将之前生成的 WSDL 功能信息树中的信息依次抽取出来,遍历计算此信息与本体中概念之间的相似度,取相似度最大的概念作为该元素的语义标注并加入到 WSDL 文件中,待所有功能信息树中的元素都抽取标注完后, SOS 所对应的 SAWSDL 生成完毕。

2 基于语义的 SOS 匹配

文中用一个四元组 ($S_{bc}, S_{op}, S_{in}, S_{out}$) 来表示 Web 服务,其形式化描述如下:

(1) S_{bc} 表示服务的行为约束 $s_{bc_1}, s_{bc_2}, \dots, s_{bc_n}$ 的集合,其中 $s_{bc_k} \in S_{bc}$ 表示服务行为的一个具体约束。

(2) S_{op} 表示服务操作所应用的语义概念 $s_{op_1}, s_{op_2}, \dots, s_{op_n}$ 的集合,其中 $s_{op_k} \in S_{op}$ 表示服务操作所引用本体中的一个概念。

(3) S_{in} 表示输入参数所应用的语义概念 $s_{in_1}, s_{in_2}, \dots, s_{in_n}$ 的集合,其中 $s_{in_k} \in S_{in}$ 表示输入参数所引用本体中的一个概念。

(4) S_{out} 表示输出参数所应用的语义概念 $s_{out_1}, s_{out_2}, \dots, s_{out_n}$ 的集合,其中 $s_{out_k} \in S_{out}$ 表示输出参数所引用本体中的一个概念。

基于语义的服务匹配按照服务匹配的个数可以分为单服务匹配和服务组合匹配^[17]。文中主要研究单服务匹配问题,即利用本体间语义关系来计算服务之间的语义相似度,最后根据语义的相似度来进行服务匹配。SOS 在匹配服务过程包括两部分:首先对服务行为约束兼容性进行检测,然后以 SOS 的 $\langle operation \rangle$ 为匹配单位,依据 $\langle operation \rangle$ 中 $\langle input \rangle$ 元素和 $\langle output \rangle$ 元素的语义标注概念间的逻辑关系实现服务的逻辑匹配。

2.1 服务请求 SAWSDL 文件生成

服务请求者在请求所需要的传感器观测数据时,需要在 SPS 客户端界面输入用户的请求信息。为了更

好地分析和利用请求者输入的观测要求,文中引入了消息聚合器,它以 WSDL2.0 标准为基础,构造消息模版,将用户的观测请求转化成相应的 SAWSDL 文件。

服务请求者可以在消息模版中填入观测领域、SOS 服务版本、观测任务起始时间、观测区域、服务必要操作类型(可多选)、服务操作的输入/输出类型。除此之外,由于 SOS 的核心操作 GetObservation 是用户最关注的且该操作的输入和输出决定了观测的结果,在匹配过程中占有较大的权重,而其他操作属性随着用户的不同权重也不尽相同,所以文中在消息模版中让用户为所需操作分配权重 $V_i \in [0,1]$ (权值总和为 1),从而提高服务的查准率。

提交消息模版后,系统会按照消息模版中观测信息的内容生成一个观测请求虚拟服务的 WSDL 文件,之所以称之为虚拟服务,是因为该服务只有功能信息,没有功能绑定信息。系统会统一添加功能绑定信息,使生成的 WSDL 文件满足 WSDL2.0 标准。最后使用语义相似度计算方法对请求服务 WSDL 文件进行语义标注,生成相应的 SAWSDL 文件。

2.2 服务行为约束的兼容性检测

服务行为约束的兼容性检测是指用户的服务请求与传感器观测服务的行为约束兼容,当且仅当二者的任何一个同种类型的约束 bc_k 不发生冲突。具体而言,服务时间上要求两个服务的时间区间交集不能为空;服务覆盖范围方面要求两个服务的观测范围存在包含关系或完全相同;服务版本方面要满足用户提出的基本要求,再根据优劣进行筛选^[13]。

当收到服务请求时,首先将 SOS 的 S_{bc} 集合与虚拟请求服务的 $S_{bc_{req}}$ 集合中相同类型的约束 S_{bc_k} ($1 \leq k \leq n$) 进行匹配,遇到不能匹配的约束 bc_k ,则立即停止匹配,反之继续匹配直到匹配完毕。若两个集合中相同类型的约束 S_{bc_k} ($1 \leq k \leq n$) 全部兼容,则说明这两个服务的行为约束是兼容的,则将其添加到语义服务候选集中。

2.3 基于语义标注概念的服务逻辑匹配

语义 SOS 逻辑匹配是虚拟请求服务 S_{req} 与语义服务候选集中的传感器观测服务 S_{sos} 之间的匹配。二者都是通过含有语义标注信息的 SAWSDL 文件表示的,且引用了相同领域本体中的概念。概念彼此之间存在一定的逻辑关系,参考文献[18]给出了四种相似度:

(1)精确匹配(exact):虚拟请求服务中 $s_{opr_k}, s_{inr_k}, s_{outr_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 可以在 SOS 中 $s_{op_k}, s_{in_k}, s_{out_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 找到完全相同的概念;

(2)插拔匹配(plug-in):SOS 中 $s_{op_k}, s_{in_k}, s_{out_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 是虚拟请求服务中 $s_{opr_k}, s_{inr_k}, s_{outr_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 概念的父类;

(3)包含匹配(subsume):SOS 中 $s_{op_k}, s_{in_k}, s_{out_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 是虚拟请求服务中 $s_{opr_k}, s_{inr_k}, s_{outr_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 概念的子类;

(4)不匹配(fail):SOS 中 $s_{op_k}, s_{in_k}, s_{out_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 和虚拟请求服务中 $s_{opr_k}, s_{inr_k}, s_{outr_k}$ ($1 \leq k \leq n$) 概念之间没有层次关系。

不同相似度的语义距离如表 2 所示。

表 2 相似度与语义距离

相似度	语义距离
exact	0
plug-in	1
subsume	2
fail	3

基于语义标注的服务逻辑匹配过程分以下几步:

步骤一:SPS 从已通过服务行为约束兼容性检测的候选服务集列表中选出一个 SOS,将该 SOS 中 GetObservation 的输出 O_{out_k} 和期望的输出 O_{outr_k} 进行比较,如果语义距离小于或等于 1,则包含该操作的服务被选中;

步骤二:将 GetObservation 的输入 O_{in_k} 和期望的输入 O_{inr_k} 进行比较,如果语义距离小于或等于 2,则包含该操作的服务被选中;

步骤三:把传感器观测服务提供的其余操作 s_{op_k} 与期望的操作 s_{opr_k} 进行比较,如果语义距离小于或等于 2,则该服务被选中;

步骤四:把传感器观测服务提供的其余操作中 s_{in_k} 和 s_{out_k} 与期望的 s_{inr_k} 和 s_{outr_k} 进行比较,如果语义距离小于或等于 2,则该服务被选中;

步骤五:通过式(3)计算出虚拟请求服务与 SOS 的语义距离。因为语义距离越小,服务相似度越大,所以 SPS 选择与虚拟请求服务语义距离最小的 SOS 作为用户的期望服务,并将 SOS 相关信息反馈给用户。

$$\begin{aligned} \text{Sim}(S_{req}, S_{sos}) = & v_1 * \text{Sim}_{\text{out}}(O_{out_i}, O_{outr_i}) + \\ & v_2 * \text{Sim}_{\text{in}}(O_{in_i}, O_{inr_i}) + v_3 * \text{Sim}_{\text{op}}(O_{op_i}, O_{opr_i}) + \\ & v_4 * \text{Sim}_{\text{in}}(S_{in_i}, S_{inr_i}) + v_5 * \text{Sim}_{\text{out}}(S_{out_i}, S_{outr_i}) \end{aligned} \quad (3)$$

3 实验及结果分析

实验使用 NASA 的 ECHO(Earth Observing System Clearing House)^[19] 提供的 SOS 服务描述文档以及 52North 系统所使用的标准概念搭建的本体进行测试。分别比较了 52North 基于关键字匹配的 Web 服务发现方法、参考文献[6]提出的服务发现方法以及文中所使用基于语义的方法。最后将所得出的匹配结果进行查准率和查全率的比较。

查准率和查全率是衡量服务发现性能的重要指

标,其中查准率是指查询结束后返回符合查询条件的 SOS 数量与查询返回的 SOS 总数量之比;查全率是指查询结束后返回符合查询条件的 SOS 数量与测试集中符合查询条件的 SOS 数量之比。

通过实验,文中比较了不同匹配度下的平均查准率和平均查全率,具体数据如表 3、表 4 所示。

表 3 查准率比较表

匹配度	基于关键字	关键字与语法相结合	基于 SAWSDL
1	0.153	0.611	0.916
>0.5	0.284	0.687	0.923
average	0.218	0.649	0.919

表 4 查全率比较表

匹配度	基于关键字	关键字与语法相结合	基于 SAWSDL
1	0.117	0.473	0.857
>0.5	0.212	0.550	0.928
average	0.195	0.511	0.892

本方法中充分考虑了 GetObservation 操作在 SOS 中的重要性,对该操作的匹配进行了细化,并通过赋权值保证了虚拟请求服务和 SOS 之间的精确匹配。实验结果也验证了这一点,查准率和查全率都有很大的提高,即使在匹配率为 1 的情况下,结果也十分理想。在系统运行时间方面,由于服务行为约束兼容性检测的引入,在服务逻辑匹配之前就将一部分不符合用户需求的 SOS 淘汰,从而减少了服务匹配的时间。

4 结束语

SPS 在用户与 SOS 之间起着重要的桥梁作用,如何帮助用户快速有效地找到合适的 SOS 显得尤为关键。为了提高 SPS 的查全率和查准率,文中提出了一种带服务行为约束的基于语义的服务发布和匹配方法。在服务发布阶段加入了服务行为约束信息,并进行了语义标注;在服务匹配过程中,通过服务行为约束兼容性检测起到了过滤作用,一定程度上缩短了查找时间,在逻辑匹配时考虑了匹配的权重,从细粒度的角度表示了服务匹配度。下一步工作主要是优化领域本体库的结构来提高概念语义相似度算法的效率。

参考文献:

[1] 王建国. 一种新型的传感器 WEB 标准-传感器 WEB 整合框架[J]. 小型微型计算机系统,2008,29(9):1647-1651.

[2] Simonis I. Open GIS sensor planning service implementation specification[S]. [s.l.]:OGC,2007.

[3] Middleton E M, Ungar S G, Mandl D J, et al. The Earth Observing One (EO-1) satellite mission:over a decade in space

[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,2013,6(2):243-256.

[4] 关伟红,许红儒,周水庚. Web 服务搜索技术综述[J]. 计算机科学与探索,2010,4(5):385-400.

[5] Chen Jiaying, Ren Yan, Zhang Haitao, et al. Oilseed rape productive potentialities assessment under OGC web service by using geoprocessing[C]//Proc of 1st international conference on agro-geoinformatics. Shanghai:IEEE,2012:1-8.

[6] Chen Zeqiang, Chen Nengcheng, Di Liping. A flexible data and sensor planning service for virtual sensors based on web service[J]. IEEE Sensors Journal,2011,11(6):1429-1439.

[7] Zheng Xiaolin, Lin Zhen, Yang Yanbo, et al. Research on context-ware web service composition based on the fluent calculus[J]. International Journal on Advances in Information Sciences and Service Sciences,2011,3(7):62-74.

[8] 仲梅,宋顺林. 一种语义 Web 服务的多层次匹配方法[J]. 计算机应用,2007,27(1):199-201.

[9] Ngu A H H, Carlson M P, Sheng Q Z, et al. Semantic-based mashup of composite applications[J]. IEEE Trans on Services Computing,2010,3(1):2-15.

[10] 王珏,向朝参,王萌,等. 语义 Web 服务发现研究现状与发展[J]. 计算机应用研究,2013,30(1):7-12.

[11] Larvet P, Christophe B, Pastor A. Semantization of legacy web services:from WSDL to SAWSDL[C]//Proc of the third international conference on Internet and Web applications and services. Athens:IEEE,2008:130-135.

[12] Song Tingxin, Tian Peijun, Liu Yaohe, et al. Web services' semantic annotation and auto-matching based on SAWSDL[C]//Proc of international symposium on information science and engineering. Shanghai:IEEE,2008:577-580.

[13] 方常青,徐德智,胡春华. 改进的语义 Web 服务匹配方法[J]. 计算机工程与应用,2011,47(13):143-146.

[14] 李军,李军,钟志农,等. 基于 SWE 的空天资源对地观测协同任务规划服务模型[J]. 国防科技大学学报,2013,35(3):108-113.

[15] Hanna S, Munro M. An approach for specification-based test case generation for web services[C]//Proc of 2007 IEEE/ACS international conference on computer systems and applications. Amman:IEEE,2007:16-23.


[16] 刘群,李素建. 基于《知网》的词汇语义相似度计算[C]//第三届汉语词汇语义学研讨会. 台北:出版者不详,2002.

[17] 邱田,李鹏飞,林品. 一个基于概念语义近似度的 Web 服务匹配算法[J]. 电子学报,2009,37(2):429-432.

[18] Paolucci M, Kawamura T, Payne T R, et al. Semantic matching of web services capabilities[C]//Proc of ISWC. Italy:[s.n.],2002:333-347.

[19] NASA EOSDIS Website[EB/OL]. 2010. <http://esdis.eosdis.nasa.gov/eosdis/overview.html>.

改进的传感器观测服务发布与匹配方法

作者：[谢晓燕](#)，[黄佳](#)，[XIE Xiao-yan](#)，[HUANG Jia](#)
作者单位：[西安邮电大学 计算机学院, 陕西 西安, 710061](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2015(1)

引用本文格式：[谢晓燕](#), [黄佳](#), [XIE Xiao-yan](#), [HUANG Jia](#) [改进的传感器观测服务发布与匹配方法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(1)