

基于空间领域本体的动态 workflow 模型研究

邹志强^{1,2} 胡斌³ 刘林峰^{1,2} 王汝传^{1,2}

(南京邮电大学计算机学院 南京 210003)¹ (南京邮电大学计算机技术研究所 南京 210003)²
(南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室 南京 210008)³

摘要 OGC(Open Geospatial Consortium)提出的 Web 服务编排方法可以通过组合、协调各种空间信息 Web 服务,形成一种服务的工作流 OWS2(OGC Web Services 2),但这属于精确匹配的静态工作流。提出了一种基于本体和规则的动态工作流模型(Dynamic Work Flow Model based on Ontology and Rule, DWFMOR),它是对 OWS2 的改进。本模型首先针对空间信息的领域特征建立了相应的领域本体,基于这些本体设计了用于推理的工作流规则引擎,并使用 protégé 本体编辑器和 Jena 推理机进行了实现,最终建立了一个用于空间信息服务的工作流原型系统。实验表明,基于空间领域本体的工作流模型不仅可以根据业务的需求自动地查找和匹配空间信息 Web 服务,还可以动态地形成空间信息 Web 服务工作流。

关键词 工作流,本体,规则引擎,OGC Web 服务

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Research on a Dynamic Workflow Model Based on Geo-Ontology

ZOU Zhi-qiang^{1,2} HU Bin³ LIU Lin-feng^{1,2} WANG Ru-chuan^{1,2}

(Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)¹

(Institute of Computer Technology, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)²

(Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210008, China)³

Abstract The method of Web service composition proposed by open geospatial consortium(OGC) can compose various Web services to form a sort of workflow(OGC Web Services 2, OWS2), but it is a static workflow with exact matching. The DWFMOR(Dynamic Work Flow Model based on Ontology and Rule) put forward by this paper can form a dynamic workflow based on geo-ontology with the specified rules. This model was extended from OWS2. Firstly the domain spatial ontology—geo-ontology was created with the special spatial feature. Secondly the engine of workflow was designed for inference based on geo-ontology. Then this engine was implemented by using Stanford protégé and HP Jena reasoner. At last, a DWFMOR prototype was developed on the Java platform. The experiment shows that DWFMOR can search-match Web services automatically and dynamically form a kind of workflow for spatial information Web services according to the business requirement.

Keywords Work flow, Ontology, Rule engine, OGC Web service

1 引言

分布式空间信息服务在一定程度上满足了人们对空间信息的需求,但分散在各个空间数据中心的海量数据和空间信息的服务若得不到整合,会容易形成信息孤岛。工作流概念的出现使得该问题有望得到解决。OGC Web Services 是 OGC(Open Geospatial Consortium)定义的一系列在空间信息处理中的标准 Web 服务,其中还包含了服务之间的先续、后续关系^[1]。

目前,有很多基于 OGC Web Services 的开源模型研究及

实现,较为典型的有德国波恩大学的 Deegree 等等^[2],这些模型实现了 OGC 定义的 3 种主要 Web 服务:WMS(Web Map Service),WFS(Web Feature Service),WCS(Web Coverage Service)。此外,由 NASA(美国国家航空航天局)资助的 OWS2^[3]提出了一种基于 OGC Web 服务的编排,采用 BPEL(业务流程执行语言)技术使多个独立的 Web 服务可以通过有效协作来完成空间信息请求。然而,上述各种模型均只支持静态的、基于精确关键字的 Web 服务请求和 Web 服务编排,但是在实际应用中^[7]空间信息服务往往会是一组语义相关的 Web 服务的组合。由于现有的协议和标准对服务的描

收到日期:2009-03-05 返修日期:2009-08-20 本文受国家自然科学基金(40801149 和 60773041),江苏省测绘局科研项目(JSCHKY200810),国家高科技 863 项目(2009AA12Z219,2007AA01Z404,2007AA01Z478)资助。

邹志强(1967—),男,博士,讲师,CCF 会员,主要研究方向为分布式空间信息处理、对等网络和接入网技术;胡斌(1975—),男,博士,讲师,主要研究方向为 P2PGIS、3D 建模,E-mail:hb_hubin@126.com;刘林峰(1981—),男,博士,讲师,CCF 会员,主要研究方向为无线传感器网络;王汝传(1943—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机软件、计算机网络、信息安全、无线传感器网络、移动代理等。

述仅限于语法层次,因此无法表达语义信息。同时 Web 服务的组合大多数是由手工完成的,因而很难适应服务的动态性需求。所以研究如何实现基于语义的动态的 Web 服务 workflow 显得很有必要。

本文研究了一种基于 Geo-ontology(空间领域本体)的、支持空间信息处理的 SIWS(Spatial Information Web Services, SIWS) workflow 模型 DWF MOR。该模型采用了面向服务的体系结构,引入领域本体 Geo-ontology 消除 Web 服务合成时的语义冲突,设计了基于 Geo-ontology 的 workflow 规则引擎,实现了 SIWS workflow 的自动构造。

本文第 2 节分析了 DWF MOR 模型中空间领域本体与 workflow 规则引擎;第 3 节给出了 DWF MOR 模型的设计与实现;第 4 节给出了初步的原型系统实验和数据分析,以此来验证本模型的实用性和优越性;第 5 节进行相关工作的介绍和比较;最后进行了总结和展望。

2 DWF MOR 中空间领域本体与 workflow 规则引擎的分析

为了实现描述的一致性,提高机器可读性(Machine-readable)或机器理解性(Machine-understandable),本节首先对具有一般普遍性的 OGC Web Service 特点进行研究,再给出 DWF MOR 模型中各类概念和术语的严格定义,然后对具体的 Geo-ontology 特点进行探究,最后对基于 Geo-ontology 的 workflow 规则引擎进行分析和设计。

2.1 OGC Web Service 特点研究

开放地理空间联盟(OGC)和 ISO/TC211 针对空间信息服务推出了基于 XML 的互操作服务栈和 SIWS 协议规范。互操作服务栈的概念良好地解决了服务的透明传输问题,SIWS 规范为专业用户指定了应用接口和 Web 服务之间的内在关系。OGC Web 服务中存在 3 个典型的 SIWS 模块:Web 地图服务(Web Map Service, WMS)、Web 要素服务(Web Feature Service, WFS)和 Web 覆盖服务(Web Coverage Service, WCS)。

然而,无专业领域知识的非专业用户未必了解 OGC 规范的抽象接口和接口的调用参数,因此可能导致无法直接调用上述 3 个典型的 SIWS,即服务的请求者和专业服务提供者之间存在语义上的感知差别,个体的认知差异也使得难以创建一个 SIWS 的工作流^[6,10]。为了在服务请求者和专业服务提供者之间达成沟通,使得服务器端能为用户形成一个 SIWS 工作流,必须对 OGC Web Service 特点进行分析。OGC Web 服务区别于其他服务的主要表现:首先,它标准化了服务的方法与接口,并对服务进行了严格分类;其次,Web 服务间的先序、后续关系被严格制定,即合理规约了服务之间的关系。针对上述两种特点,本文分别引入空间领域本体 Geo-ontology 和规则引擎来加以处理。

2.2 空间领域本体和 Web 服务的形式化描述

针对 Geo-ontology 和服务及其之间的关系^[3],本文给出 4 条形式化描述定义。

定义 1(空间领域本体 Geo-ontology) 它是一个 Ontology,可扩展定义为一个四元组 $GO=(C,R,L,f)$ 。 C 表示不可分割概念通用集合; R 表示关系集合,可以展开为三元组 (c_1, c_2, r) ,其中 $c_1 \in C, c_2 \in C, r$ 为任意 c_i 和 c_j 之间的关系 $(1 \leq i, j \leq n)$; $L=\{\text{领域, 关系, 属性, 取值}\}$; f 表示一个层次映射关系, $c \in C, l \in L, s. t. f(c)=l$ 。

$c \in C, l \in L, s. t. f(c)=l$ 。

定义 1 的引入使得区分同名不同义的术语^[10]成为可能,可以根据术语所在的领域和上下文来区分语义。 $\forall c_1, c_2 \in C, f(c_1)=l_1 \in L, f(c_2)=l_2 \in L$,若 c_1 和 c_2 名字相同,但 $l_1 \neq l_2$,则有 $c_1 \neq c_2$ 。本体论的引入可以解决一直以来在知识共享方面所面临的 3 个问题:(1)同名不同义;(2)同义不同名;(3)对同一事物的描述采用不同的标准。利用本体可以将 SIWS 按照 OGC 的标准进行分类,从而添加到预先设定的分类中。

定义 2(数据模型) 该定义可分为 3 层模型:数据层、模型层和本体层。其中,数据层负责处理与具体操作相关的数据;模型层为数据层提供元数据和数据类型的说明;本体层使用定义 1 中的定义来描述多层的语义,用 VD_e 记作数据模型中的一个任意元素。

定义 3(计算模型) 该模型借鉴了文献^[3]中提出的 6 层模型,它是对 Web 服务模型的扩展,增加了本体层来区分计算模型的语义。Web 服务的查找不仅可基于 UDDI(Universal Description, Discovery and Integration),还可根据领域本体和规则推理得到最适合的 Web 服务绑定,用 VC_e 记作计算模型中的一个任意元素。

定义 4(Web 服务绑定的条件定义表) 在 Web 服务 workflow 中存在多个 Web 服务,有着不同的绑定选择。为了对 Web 服务的绑定进行精确描述,区分它们在上下文中的语义,根据它们之间关系的定义来判断数据模型和计算模型是否关联,定义其 Web 服务绑定如表^[3]所列。表 1 中, $Is-A(V_i, V_j)$ 是一种 Is-A 关系,其中 V_i 是 V_j 的一个泛化; $binding(V_i, V_j)$ 表示 V_i, V_j 这两个元素是关联绑定的; $synonym(V_i, V_j)$ 表示 V_i, V_j 这两个元素,根据本体库可知它们在语义上是不同名而同义的,在二元关系上满足自反性、传递性和对称性,所以两者本质上是一致的。

表 1 Web 服务绑定的条件定义表

VD_e 和 VC_e 关联绑定的主要条件	说明
$\Psi_{binding}(VC_e, V) \cap \Psi_{Is-A}(V, VD_e)$	间接绑定
$\Psi_{binding}(VC_e, VD_e)$	直接绑定
$\Psi_{binding}(VC_e, V) \cap \Psi_{synonym}(V, VD_e)$	同义绑定
$\Psi_{binding}(VD_e, V) \cap \Psi_{synonym}(V, VC_e)$	同义绑定

若顶点 VC_e 表示的是 WMS 的计算模型 $getWMS()$, 顶点 VD_e 表示的是 WMS 的数据模型 $wms_data_model.xml$, 则根据表 1 可知 VC_e 和 VD_e 是直接绑定的,即 $\Psi_{Is-A}(VC_e, VD_e)$ 。若 VC_e 无法直接找到所需的 VD_e , 则可以通过 $\Psi_{binding}(VC_e, V_i) \cap \Psi_{Is-A}(V_i, VD_e)$ 实现间接绑定。

2.3 workflow 规则引擎的分析

为了形成 SIWS 的工作流,还需设计一定的操作规则,规则是独立于编程代码之外的服务逻辑,这些服务逻辑可以被持久化成规则库,从而可以被重复利用。规则引擎就是一种将规则进行模式匹配的循环迭代器,它利用本体推理的结果来判断在特定情况下应自动调用何种规则。本文 DWF MOR 的规则引擎具备如下 4 个功能。

功能 1(服务的自动发现)

在 DWF MOR workflow 规则引擎中,针对功能 1 可以根据 OGC SIWS 的分类标准建立对应空间 Web 服务本体,依据已

制定的规则并采用基于规则的推理机对已注册的符合 OGC 标准的 SIWS 进行自动化分类,而不必预先知道空间 Web 服务存在与否,只要在运行时访问本体库就可自动发现已注册的服务,并且通过表 1 绑定到对应数据,从而实现了服务的动态发现。

功能 2(服务的动态绑定)

功能 2 建立在功能 1 的基础之上,以服务自动发现机制为前提,当对服务链进行动态绑定时,SIWS 工作流的形成可不必强制绑定在一系列已知的服务上,而可在不改变工作流的情形下,绑定到服务质量(QoS)相对最好的本体服务实例。该方法较 UDDI 注册机制(Universal Description, Discovery, and Integration)而言具备如下优点:注册方式差异,基于本体的服务注册机制中存在更多的语义特征,不仅涵盖服务接口等信息,还包含数据服务所提供的范围、数据类型等,该类信息均将有益于 SIWS 服务的动态绑定。

功能 3(SIWS 的模糊匹配)

一般意义上的服务匹配是基于精确关键字的,而 DWF-MOR 中由于建立了基于 Geo-ontology 的服务本体库,因此可以利用本体的分类和继承功能,使得服务和数据的查找在很大程度上不依赖于精确关键字,进而能够改善服务的性能。

功能 4(SIWS 工作流的优化)

功能 4 的引入,源于在 Geo-ontology 的服务本体的定义中除了描述 SIWS 的先后关系外,还表达了服务的语义关联度,因此在获得不同的 SIWS 工作流时,优化策略将赋予系统选择相对最优工作流的能力。

综上所述,本文的工作流模型 DWF-MOR 与 BPEL/ WS-FL(WSFL: Web Services Flow Language, BPEL: Business Process Execution Language)工作流模型之间最大的差异是工作流的编排方式,即前者是动态的,后者是静态的。

3 DWF-MOR 的设计与实现

3.1 DWF-MOR 的实现环境

为了对 2.2 节中定义的基于 Geo-ontology 的服务本体进行描述和实现,本文选择了 OWL(Web Ontology Language)作为本体的表示语言^[8],OWL 是 W3C 推荐的标准,用以明确表示词汇表中词语的意义以及那些词语之间的关系。在 OWL 的生成方面,本文通过 Stanford 大学的 protégé 建立 SIWS 的本体库;在 OWL 的解析方面,DWF-MOR 采用了惠普语义网络实验室开源的 Jena,它支持基于规则的推理^[11],能够从本体中推断出知识,并且允许解析、创建和查询 OWL 模型;在 OWL 的信息查找方面,可使用 SPARQL 语言从描述 Geo-ontology 的四元组中查找匹配的信息^[9]。DWF-MOR 模型不仅可以帮助用户发现服务,还可以根据语义对服务进行基本的合成。

3.2 DWF-MOR 的具体设计与实现

3.2.1 基于空间领域本体的 DWF-MOR 系统结构

DWF-MOR 模型的实现基于领域本体与规则,其系统结构如图 1 所示。该结构主要包括工作流引擎、OGC Web 服务规则库和各种服务个体等部分,其中工作流引擎由 Ontology model(本体模型)、Jena Interface(Jena 接口)和 Reasoner(推理机)组成。首先,当有客户端发出一个信息查询请求时,工作流引擎将解析此请求,得到的人栈服务类型 WMS 和请求

数据以光栅、矢量的形式表示;其次,Reasoner 根据 OGC SIWS 的关系和规则可以得出 WCS, WFS 是 WMS 的前驱服务,而 WCS 与 WFS 不依赖于其他具体的前驱服务;最后,分别从本体库中按照服务的关联度得到当前最优的 WCS 和 WFS,并触发 WMS 调用,WMS 调用结束后返回给用户。

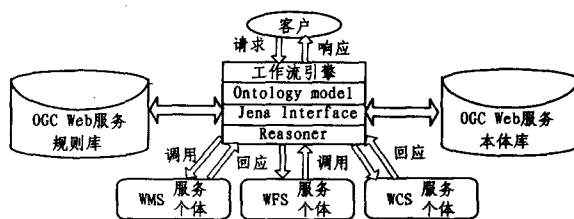


图 1 基于空间领域本体的 DWF-MOR 系统结构

3.2.2 空间领域本体库和规则库的建立

遵循 OGC Web 服务的规范接口定义,本文将着重实现 3 个典型的 SIWS:WMS, WFS 和 WCS,并建立基于 protégé 的本体库^[8]。如图 2 所示,它描述了服务内容和关系。在本体库的基础之上,根据生成的 OWL,结合 SIWS 的特征信息最终可以形成 SIWS 工作流,DWF-MOR 中 SIWS 领域特征信息表的局部描述如表 2 所列。当 SIWS 的提供者对一个服务(网络覆盖服务)进行注册时,工作流引擎将分析服务的描述信息,即解析 WSDL(Web 服务定义语言)。查找表 2 中的领域特征信息(GetCoverage),并把该特征与服务个体的特征相匹配,从而存储为 OGC Web 服务本体库中相应的服务类个体(WCS)。不同的服务类个体之间存在先序后续的关系、同步的关系和合作的关系等多种关系,例如:WMS 作为 WCS 的后继,OGCWebServices 作为 WCS 的直接前驱。DWF-MOR 根据这些关系建立相应的规则库,从而辅助 SIWS 工作流引擎的执行。

表 2 SIWS 的部分领域特征信息表

概念	属性	一级范围	二级范围	特征信息
WorkFlow Concept	hasMethodOf	OGCWebServices	WMS	GetMap
			WFS	GetFeature
			WCS	GetCoverage

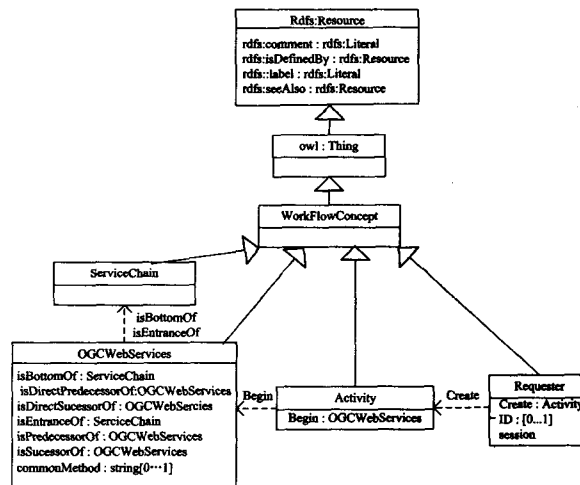


图 2 DWF-MOR 中 Geo-ontology 关系图

3.2.3 DWF-MOR 中工作流引擎的设计与实现

DWF-MOR 中之所以可以形成服务流,是因为存在一个服务的输出是下一个服务的输入,所以要想无缝地进行服务

的组合,就必须对服务的接口进行消息映射:一个服务的入口类型与另一个服务的返回类型相一致。DWMOR 中接口的映射采用动态映射,如果先驱服务的输出能匹配到后继服务的输入,则匹配正确,否则抛出异常,并中止服务流。该方法的优点是规则定义简单,中介(OWL 处理模块)无需知晓全局服务。 workflow 引擎在逻辑层次上可以分为 Ontology model (本体模型)、Jena Interface (Jena 接口) 和 Reasoner (推理机) 等层,据规则从 OWL 解析出相应的 SIWS 之后,其引擎的执行过程本质是一个拓扑排序的过程,引擎的具体实现流程如图 3 所示,当客户在请求 SIWS 之后,要么成功地得到一个 workflow 执行结果,要么将输出一个出错的提示消息。

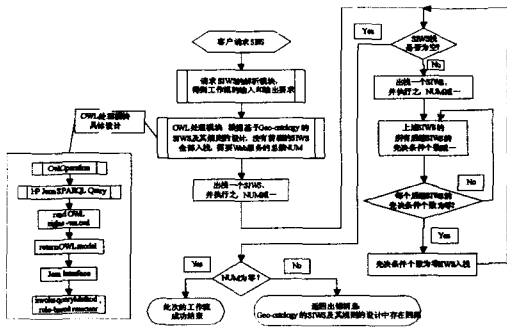


图 3 DWMOR 工作流引擎实现流程

4 原型系统和数据分析

为验证 DWMOR 模型的可行性与有效性,开发了原型系统并进行实验。实验的硬件环境:联想万全 R520-5122 服务器(2 * CPU-2.79GHz, RAM-2.00GB, 2TB 硬盘)、数据库服务器(CPU-2.53GHz, RAM-1.00GB, 160GB 硬盘)、多台 PC 测试机器。系统内部网络采用 100M 交换机进行连接,再由内部网关与外部服务器进行连接,网络服务系统由中科院南京分院光纤交换机通过科学院网接入国际互联网;实验的软件环境:Windows2003, IBM WebSphere v5.1, Jena 类库, ESRI ArcIMS 9.0, Oracle9i, ESRI ArcSDE, Tomcat5.x, AXIS 和 LoadRunner7.8 等。下面通过实例 1 验证系统。

实例 1 当有一个客户发出了一个 SIWS 请求,其相应的 URL1 如下:

URL1 = `http://lenovoserver:8080/deegree/wms/?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetMap&LAYERS=china:physical, china:hyd1_41&STYLES=default&SRS=EPSG:4326&BBOX=118.9,30.8,120.8,32.1&WIDTH=400&HEIGHT=400&FORMAT=image/jpeg&BGCOLOR=0xff8ff&TRANSPARENT=true&EXCEPTIONS=application/vnd.ogc.se_inimage`

其主要参数解释如下:

SERVICE 表示请求 SIWS 的名字:WMS 是指 Web Map Services;

REQUEST 表示具体的执行方法: GetMap 是指得到空间地图的操作;

FORMAT 表示所要返回结果的数据格式: image/jpeg 是指图像格式为 jpeg;

BBOX 表示图像右上角和左下角的经纬度坐标分别为: 118.9,30.8,120.8,32.1;

WIDTH, HEIGHT and BGCOLOR 表示返回空间图像像素值大小和背景颜色为: 500, 500, black;

LAYERS=china:physical, china:hyd1_41 表示请求的图层是中国地图的物理层和水系层。

实例 1 中的 URL1 是可以由用户通过网页中的设置动态自动生成的,在生成 URL1 之后,根据 DWMOR 工作流引擎,首先得到实例 1 的抽象描述,如图 4 所示。图中一个节点对应一个空间信息 Web 服务,这些服务之间的关系由边来表示,基于在 Geo-ontology 中设定的规则来处理这些关系。节点 1 对应输入,此时节点 1 符合条件“没有先驱的服务,即入度为零的服务”,所以先入栈则是先执行;接着,根据图 3 DWMOR 工作流引擎实现流程,当节点 1 出栈之后,图 4 中节点 2,3,4,5 对应 4 个“没有先驱的服务”WCS: WCS1,2,3,4,它们得到的是对应中国长江和太湖地区的 4 张遥感影像图(影像 A1,2,3,4,参考图 5);接着在图 4 的节点 6,对应执行服务 WMS1,得到了它们的合成图,如图 5 中的影像 A;然后,图 4 的节点 6 和节点 7 对于服务 WMS1 和 WFS(WFS: 提供中国长江和太湖地区水系的矢量数据,如图 5 中的影像 B)在节点 8 对应的服务 WMS2 处进一步合成,从而得到图 5 中的影像 C,直至执行完成整个工作流:服务请求-WCS1-WCS2-WCS3-WCS4-WMS1-WFS-WMS2-WMS(服务结果),其执行结果如图 5 所示。

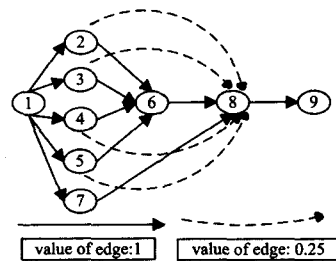


图 4 实例 1 的抽象描述

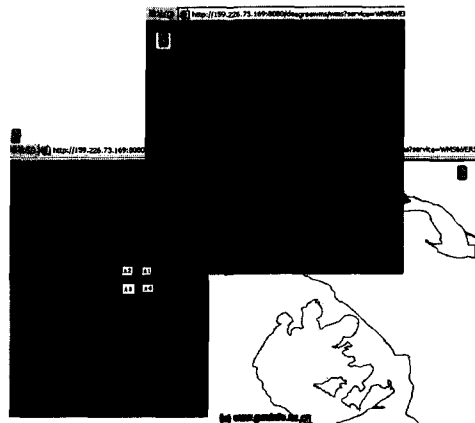


图 5 实例 1 的执行结果

由实例 1 可知,DWMOR 模型可以对 Internet 上用户的请求通过工作流引擎进行解析,并且返回执行结果。为了进一步对系统的性能进行测试,采用 LoadRunner7.8,并设置了 10 个 IP“欺骗”策略,以防止系统对同一个 IP 有缓存的作用,这样增加了测试压力和模拟测试的真实性。测试时间为 100 秒钟,平均约 2 秒钟增加一个请求,请求总数为 100 个。由于 DWMOR 模型对每个请求都需要一定的处理时间,导致在

(下转第 216 页)

- [9] Girard R, Ralambondrainy H. Conceptual classification from structured and fuzzy data[C]//Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Fuzzy System. 1997;135-142
- [10] Bordat J P. Calcul pratique du treillis de galois d'une correspondance[J]. Math. Et Sci. Humaines, 24eme année, 1986, 96; 31-47
- [11] Godin R, Missaoui R, Alaoui H. Incremental concept formation algorithms based on Galois(concept) lattices[J]. Computational Intelligence, 1995, 11(2); 246-267
- [12] 谢志鹏, 刘宗田. 概念格的快速渐进式构造算法[J]. 计算机学报, 2002, 25(5); 490-496
- [13] Njiwoua P, Mephu N E. A parallel algorithm to build concept lattice[C] // Proceedings of 4th Groningen Intl. Information Technical Conference for Students. 1997;103-107
- [14] Liu Zong-tian, Li Lian-sheng, Zhang Qing. Research on a Union Algorithm of Multiple Concept Lattices[C]//Proceedings of 9th International Conference on Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining and Granular Computing. Springer, 2003; 533-540
- [15] Shen Xia-jiong, Liu Zong-tian, et al. Isomorphic generating of concept lattices[C]//IEEE International Conference on Granular Computing. 2005, 1; 249-252
- [16] Zhou Wen, Liu Zong-tian, et al. An Interval Lattice Model for Grid Resource Searching[C]// Shi Y, et al., eds. ICCS 2007; Proceedings of the 7th International Conference on Computational Science. Part II. LNCS 4488, 2007; 689-695

(上接第 163 页)

第 9 秒时并发的请求数达到 19 个, 此时系统仍正常运行; 但当继续增加测试压力, 即并发的请求数达到 20 个时, 将会导致有的请求得不到满足, 因此, 在本文的测试环境下, 支持的最大用户并发数为 19 个。

5 相关工作

为了能有效地把 SIWS 进行组合形成 workflow, 目前要进行两方面的研究工作: 一种基于 Petri 网^[12]; 另一种基于有向非循环图(Directed acyclic graph, DAG)^[1,4,5,7]。文献[12]分析了 Web 服务组合之间的约束关系, 提出了基于 Horn 子句集的建模方法, 并给出了相应的 Petri 网模型, 这对 Web 服务的最优化组合提供了一种参考方法。目前的研究表明, Petri 网是一种很好的过程建模和分析工具, 但是用来描述 Petri 网状态的标记随着 Petri 状态的变换而不断运动, 这也为 Petri 网流程的分析造成了一定困难^[12]。考虑到 OGC(Open Geo-Spatial Consortium) 提出的 OWS(OGC Web Service) 和 ISO19115 等国际标准对 SIWS 都有着很好的约束, 地理 Web 服务之间有着规范的接口与协议, 并且可以通过接口函数访问到相关服务的属性。因此, 本文和文献[1,4,5,7]一样选择第二种方式, 即把 SIWS 的组合抽象为具有一个开始节点和结束节点的 DAG。文献[4]把空间信息服务分成 5 个动态阶段, 提出了一种动态服务组合参考模型 DSCRM, 并应用到了国家 863 的 SIG 项目中, 其实验表明 Web 服务组合的原理在空间信息领域有一定的实用性和可行性。文献[5]介绍了美国 NASA 在 SIWS 方面的研究, 通过对 SIWS 分类, 建立相应的 OGCRIM 类的层次模型, 建立了基于 BPLE 的 Web 服务组合的服务链。文献[1,7]则从 OGC 对 SIWS 约束规范的角度出发, 从理论上探讨了 SIWS 组合一般性原则, 提出了在 BPEL4WS 标准上讨论动态 GIS 服务工作流的动态选择机制。上述研究对本文基于本体和规则的动态 workflow 模型有一定的启发作用。

结束语 本文建立了基于空间领域本体的面向 SIWS 的工作流模型 DWF MOR, 引入空间领域本体消除了 SIWS 服务在形成 workflow 时在语义上的冲突; 结合业务规则的设置对 OWS2 提出的 Web 服务模型进行了改进, 设计了相应的工作流引擎, 动态形成了 SIWS 的工作流, 增强了 SIWS 的灵活

性。但是, 本模型还具有一定的局限性, 主要表现在: 其一, SIWS 是在一个本地服务器中提供的, 目前还不能实现用户对远程空间数据的透明访问; 其二, 系统支持的并发用户数目有限, 可以考虑在客户端利用 P2P 网络来减轻中央服务器的压力。下一步, 本项目将对此展开进一步研究。

参考文献

- [1] 贾文珏, 李斌, 龚健雅. 基于 workflow 技术的动态 GIS 服务链研究[J]. 武汉大学学报, 2005, 30(11); 982-985
- [2] Degreee. <http://degree.sourceforge.net/> [DB/OL], 2007-07-09/2008-10-20
- [3] Zai J H, Eckhard K, Lars D. Intelligent binding in the engineering of automation systems using ontology and Web services [J]. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics—Part C: Application and Reviews, 2003, 33; 403-412
- [4] 刘书雷, 刘云翔, 唐宇, 等. 基于 workflow 的空间信息服务动态聚合技术研究[J]. 计算机科学, 2007, 34(13); 126-128
- [5] Di L, Zhao P, Yang W, et al. Ontology-driven Automatic Geospatial-Processing Modeling based on Web-service Chaining[C] // Proceedings of the Sixth Annual NASA Earth Science Technology Conference. College Park, MD, USA, June 2006
- [6] Samper J J, Tomás V R, Carrillo E, et al. Visualization of Ontologies to Specify Semantic Descriptions of Services [J]. IEEE Transaction on knowledge and data engineering, 2008, 20(1); 130-134
- [7] Alameh, N. Chaining geographic information Web services[J]. Internet Computing, IEEE 2003(7); 22-29
- [8] Protégé. <http://protege.stanford.edu/overview/po-screenshots.html> [DB/OL]. 2006-07-09/2008-10-22
- [9] W3C 组织. SPARQL Query Language for RDF. <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> [DB/OL]. 2006-10-04/2009-01-20
- [10] Klien E, et al. Ontology-based discovery of geographic information services—An application in disaster management[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2006(30); 102-123
- [11] HPJena 官方网站. <http://jena.sourceforge.net/> [DB/OL]. 2007-01-17/2009-02-12
- [12] 汤宪飞, 蒋昌俊, 丁志军, 等. 基于 Petri 网的语义 Web 服务自动组合方法[J]. 软件学报, 2007, 18(12); 2991-3000