

# 遥感信息聚焦服务的多层次语义约束模型

朱 庆<sup>1</sup> 李海峰<sup>1</sup> 杨晓霞<sup>1</sup>

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要:**针对遥感信息服务中用户需求语义的复杂性,数据维度语义的丰富性,传感器语义的多样性,遥感信息处理语义的错综复杂性和遥感信息传输语义的时变性,从用户语义约束、数据语义约束、处理服务功能语义约束和处理服务质量语义约束等 4 个不同层次,建立多层次语义约束模型。

**关键词:**遥感信息聚焦服务;多层次语义约束模型;语义

**中图法分类号:**P208

随着对地观测卫星的陆续发射,每天都可以获取 TB 级的卫星数据,数据获取能力提高和数据处理能力不足的矛盾日益突出。为此,本文提出了遥感信息聚焦服务的概念:以用户需求为焦点,将传感器服务、遥感信息处理服务、传输服务等有机地组织聚集起来,通过小粒度服务相互之间通信和协作来实现大粒度服务,为不同用户提供灵活、高效、准确、个性化的服务。由于用户需求语义的复杂性,数据维度语义的丰富性,传感器语义的多样性,遥感信息处理语义的错综复杂性和遥感信息传输语义的时变性,以及各类语义关系结构在深度和广度上很强的关联性,导致各类遥感信息服务之间的关系统一描述十分困难。服务语义从数据扩展到处理、传感器和传输时,现有的方法在用户主动服务、服务语义关系统一建模等方面的不足越来越明显,难以在整个聚焦服务生命周期的服务发现、选择、组合和执行等环节进行准确、全面、快速的语义推理<sup>[1]</sup>。

本文着重分析用户、数据、传感器、处理和传输等服务语义及其关系,建立了多层次语义约束模型,旨在准确充分地理解用户需求语义和遥感信息服务语义。

## 1 遥感信息聚焦服务的多层次语义约束模型

为实现遥感信息聚焦服务,精细刻画聚焦服

务中对象的语义内容、特征、层次关系,将传感器语义从数据获取的角度归结为数据语义,将遥感信息处理分为服务功能语义和非功能的服务质量语义,将传输语义归结为服务质量语义的子集。从用户语义约束、数据语义约束、服务功能语义约束和服务质量语义约束 4 个不同层次,以“数据语义约束”为用户语义约束和服务功能语义约束的纽带,建立一种综合用户、数据和处理服务为一体的多层次语义约束模型。

### 1.1 用户语义约束

根据服务的功能和非功能特性,将用户语义分为用户信息需求约束和用户属性约束。用户信息需求约束描述用户对遥感信息的功能需求,利用数据语义表示,驱动服务功能的聚合。用户属性约束描述用户对服务非功能属性的需求,驱动服务非功能语义的聚合,如图 1 所示。

用户信息需求约束包括信息需求约束和用户偏好约束:① 信息需求约束描述用户需要的遥感信息及关系,通过数据语义表现。一个典型的信息需求可以描述为“2008 年 8 月 8 日北京奥运村空间分辨率为 5 m 的全色卫星图”,这个描述的数据维度包括时间、空间、分辨率等元数据描述。② 用户偏好约束描述用户对信息属性的偏好,例如有些用户倾向于分辨率高的信息,有些用户倾向于空间范围广的数据。由于约束之间存在互斥关系,因此在用户需求不能完全满足时,偏好约束描述了用户硬约束和软约束以及约束松弛的方向<sup>[2]</sup>。

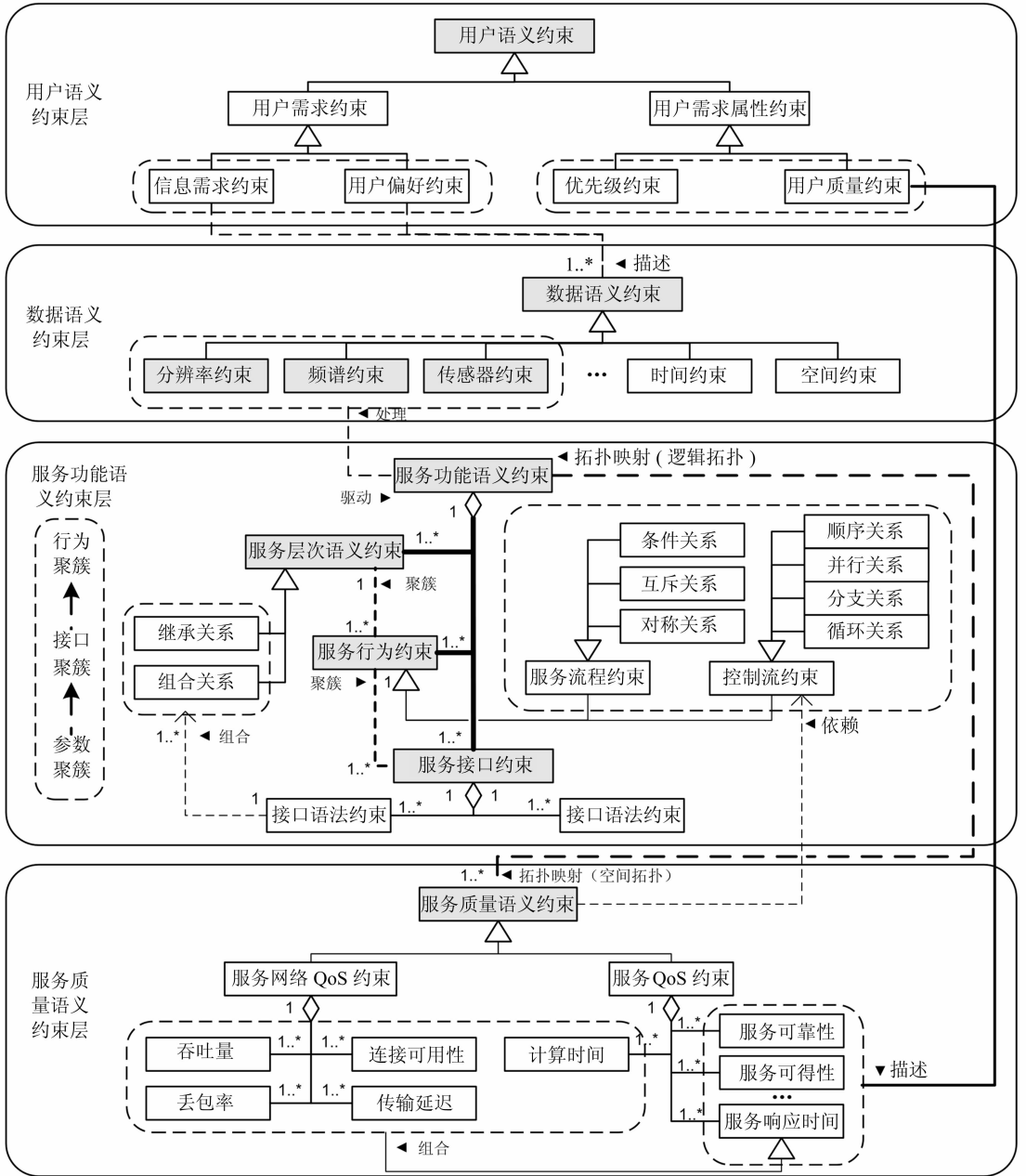


图 1 多层次语义约束模型

Fig. 1 Hierarchical Semantic Constraint Model

用户属性约束包括优先级约束和用户质量约束:① 用户优先级约束描述用户请求的优先级信息。在多任务并发情况下,优先级约束决定任务调度机制中任务执行的先后顺序。② 用户质量约束描述了用户对聚焦服务非功能语义的需求,而服务质量语义是聚焦服务非功能语义最重要的子集。

1.2 数据语义约束

遥感数据语义可用根据《ISO/TC-211 19115 元数据规范》进行描述,可以分为处理无关和处理相关语义:① 处理无关语义描述不能被处理服务改变的数据语义,例如成像时间、覆盖空间、数据的所有者、服务提供者,这些属性不会直接影响服

务处理过程。② 处理相关语义描述与处理服务紧密相关的语义,例如影像分辨率、传感器、成像波段、数据格式等,这些数据语义要么可以被处理服务改变,要么决定了服务的处理流程。

1.3 服务功能语义约束

从服务的功能分类、处理逻辑和输入输出 3 个方面,将服务功能语义约束分为服务层次语义约束、服务行为约束和服务接口约束 3 个部分。

1.3.1 服务层次语义约束

服务层次语义约束描述服务分类过程中形成的层次结构,包括聚合和继承关系。聚合关系描述 has-kind 的关系,即对概念的组成的枚举。继承关系描述 is-kind 的关系,也可称之为上下位关

系。如果一个概念  $A$  的外延是另一个概念  $B$  的外延的子集,则认为  $A$  是  $B$  的下位, $B$  是  $A$  的上位, $A$  与  $B$  之间的关系就是上下位关系。继承关系具备传递性和包含性:① 传递性。如果  $A$  是  $B$  的下位,且  $B$  是  $C$  的下位,那么  $A$  是  $C$  的下位。② 包含性。如果  $A$  是  $B$  的下位, $B$  具有属性集  $P$ ,则  $A$  继承  $B$  的属性集, $A$  也具有属性集  $P$ 。

### 1.3.2 服务行为约束

服务行为约束描述遥感信息服务的处理流程逻辑关系,根据处理逻辑关系的特征不同,可以分为服务流程约束和服务控制流约束。

所谓流程就是在完成一个任务时,客观存在的顺序和关系,它和处理服务的功能相关,不随特定的环境改变。根据流程的特性又可以分为条件关系、互斥关系和对称关系。

条件关系描述遥感信息领域中严格的先后逻辑顺序关系,服务  $w_1$  是服务  $w_2$  执行的前提条件,如果没有服务  $w_1$  的实现,那么就不能实现服务  $w_2$ ,一旦违反就会出现错误。

互斥关系描述服务之间不能共存的现象,如果一个服务发生,则另外一个服务就不能发生。互斥性是非传递的和非强制的。

对称关系描述服务功能的相同性或者相似性,主要表现在 3 个方面:① 功能对称,描述具有相同或者相似功能的服务之间的关系;② 对称组,描述具有抽象功能对象的泛化,形成功能相等的对象簇;③ 置换对称,描述每个对象出现的顺序无关性。

服务行为约束不仅包含服务之间的领域相关逻辑流程关系,还包含这些逻辑之间的控制流关系,称之为控制流约束,根据 OWL-S<sup>[3]</sup> 定义,可归纳为 4 个关系:① 顺序关系,如果执行完  $w_1$  后  $w_2$  就执行,那么它们是顺序关系;② 并行关系,如果  $w_1$  的执行不依赖于  $w_2$ ,且  $w_2$  的执行不依赖于  $w_1$ ,那么它们是并行关系;③ 分支关系,如果由于执行结果的不确定性,根据结果要么执行  $w_1$ ,要么执行  $w_2$ ,则它们是分支关系;④ 循环关系,服务  $w_1$  被连续执行多次。

### 1.3.3 服务接口约束

服务行为约束仅描述了服务在逻辑和流程上的属性,没有描述两个服务接口映射,因此需要考虑服务接口约束。接口是服务行为之外的一个重要属性,它定义了服务和用户之间的消息映射。服务接口约束是服务接口匹配的基础,目前多数方法都遵循了文献[4]中的服务匹配原则,即一个服务描述  $s$  被一个用户请求描述  $r$  成功匹配,当且仅当满足:①  $s$  能够提供  $r$  中的所有输出;②  $r$

能够提供  $s$  中的所有输入。接口约束主要体现在语法层次和语义层次。

接口语法约束主要描述两个服务的接口数目、接口类型的匹配性,例如参数名称匹配、参数类型匹配,包括简单参数类型和抽象接口类型。

接口语义约束定义主要指为消除接口之间结构和语义异构,进行接口的语义相似度和语义包含关系的推理<sup>[1]</sup>。语义约束归结为描述逻辑<sup>[5]</sup>对接口参数一致性和包含性的判定。

## 1.4 服务质量语义约束

服务质量语义约束是服务非功能性语义最重要的子集,描述处理服务的质量和效果,是一个多指标的复杂结构。遥感信息处理服务间的协调组合和大量数据的交互传递决定了其数据密集型与计算密集型的特点,因此,将服务质量语义约束分为服务 QoS 和服务网络 QoS。

服务 QoS 约束,描述服务非功能可计算属性的度量,为服务的非功能聚合提供基础。文献[6]描述了可得性、费用、可访问性、完整性、响应时间<sup>[7]</sup>、可靠性等服务质量概念。本文根据遥感信息数据和处理密集特点,主要从性能和稳定性方面来考虑 QoS 的维度。

服务网络 QoS 约束,描述服务端对端的网络性能保证<sup>[8]</sup>。海量遥感数据的传输服务需要考虑 3 个主要因素:① 由于负载的变化而导致网络性能不稳定,可用带宽变化频繁;② 网络拥塞,导致传输速率降低和包丢失,严重影响数据流传输质量;③ 可用带宽变化频繁,导致网络状况难以满足用户服务质量要求。遥感聚焦服务考虑的服务网络 QoS 约束主要包括连接可用性、吞吐量、传输延迟和丢包率。

## 2 应用示例

在 5.12 汶川大地震中,一个最典型的遥感信息需求就是获得 2008 年 5 月 12 日下午 3 点至 2008 年 5 月 13 日下午 3 点汶川地区空间分辨率小于 10 m 的全色遥感影像,并且需要对该地区进行不间断的监测。如表 1 所示,将用户信息需求约束中最重要维度——空间、时间、分辨率、波段范围,表述为遥感信息需求约束表(约束的量化过程可以通过用户直接输入,也可以通过存在的用户知识库,从历史信息中获得)。由于任务的实时性和空间分辨率要求高,影像库已有卫星影像不能满足需求,需要通过传感器获取服务,并进行快速的辐射纠正、几何校正等处理才能满足需求,最后约束可以形式化为合取范式<sup>[9]</sup>。

表 1 遥感信息需求约束表

Tab. 1 Remote Sensing Information Requirement Constraints

项目	约束值	说明
用户名称	—	用户名称
目标区域	N30°45'~31°43'与 E102°51'~103°44'	空间属性
时间	2008-05-12T 15:00~ 2008-05-13T15:00	时间属性(年月日时)
周期性	5	次/d
影像分辨率	<10 m	影像空间分辨率
图像波段	0.51 μ~0.73 μ	全色影像
级别	6 级数据产品	数据产品级别

用户质量约束采用文献[6]的方法,描述为线性规划的不等式约束或者等式约束,例如响应时间  $T \leq 1$  h,可靠性  $A \geq 85\%$  等。

### 3 结 语

为了实现遥感信息服务中各类资源(包括空间数据服务、遥感信息处理服务、传输服务和传感器网络服务)的有机聚合和高效协同,本文提出了一种综合用户、数据和处理服务为一体的多层次语义约束模型,从用户语义约束、数据语义约束、服务功能语义约束和服务质量语义约束 4 个不同层次精细刻画聚焦服务中各服务对象的语义内容、特征、层次关系,建立起统一的语义约束模型。

### 参 考 文 献

[1] Lutz M. Ontology-Based Descriptions for Semantic Discovery and Composition of Geoprocessing Services[J]. *Geoinformatica*, 2007, 11: 1-36

[2] Verfaillie G, Jussien N. Constraint Solving in Uncertain and Dynamic Environments: a Survey[J]. *Constraints*, 2005, 10(3): 253-281

[3] 安杨, 边馥苓, 关倩红. 基于 Ontology 的网络地理服务描述与发现[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2004, 29(12): 1 063-1 066

[4] Paolucci M, Kawamura T, Payne T R, et al. Semantic Matching of Web Services Capabilities[C]. *International Semantic Web Conference*, Sardinia, Italia, 2002

[5] Baader F, Calvanese D, McGuinness D, et al. *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003

[6] Zeng L, Benatallah B, Ngu A H H, et al. QoS-Aware Middleware for Web Services Composition[J]. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2004, 30(5): 311-327

[7] 朱庆, 杨晓霞, 李海峰. 基于关键路径和响应时间约束的空间信息服务优化组合算法[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2007, 32(11): 1 042-1 045

[8] 杨洁. 基于流量测量的网络 QoS 改善若干关键问题研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2007

[9] Hoffmann J, Bertoli P, Helmert M, et al. Message-Based Web Service Composition, Integrity Constraints, and Planning Under Uncertainty: a New Connection[J]. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 2009, 35: 49-117

第一作者简介:朱庆,博士,博士生导师,长江学者特聘教授,研究领域为虚拟地理环境。  
E-mail:zhuq66@263.net

## Hierarchical Semantic Constraint Model for Focused Remote Sensing Information Services

ZHU Qing<sup>1</sup> LI Hai feng<sup>1</sup> YANG Xiaoxia<sup>1</sup>

(1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The challenge of remote sensing information service is complex in user demand, rich in data dimension, diversified in sensor types, complicated in processing and time-varying in network, which makes intricate in semantics. Therefore, we propose a hierarchical semantic constraint model as a uniform semantics description model with four levels including user semantic constraints, data semantic constraints, process service function semantic constraints, and process service quality semantic constraints. These constraints act role of establishing the connection between user semantics and data services and processing services, and of the basic of semantic reasoning in service discovery, selection, and composition.

**Key words:** focused RS information service; hierarchy semantic constraint model; semantics