

doi: 10.7690/bgzd.2022.05.010

# 语义支持的空间信息目录服务

袁 洁, 张宏艺, 刘勇麟

(海军航空大学航空仪器计量站, 辽宁 葫芦岛 125001)

**摘要:** 为将语义网技术与空间信息目录服务 (catalog service for the web, CSW) 相结合, 提出一种语义支持的空间信息目录服务实现方法。构建本体实现空间信息的语义描述; 扩展现有空间信息目录服务模型, 支持空间数据与服务的语义注册; 构建语义代理实现语义支持的空间信息元数据查询。服务原型系统的实现结果证明: 该方法能有效地提高空间数据与服务的发现能力, 简化查询步骤。

**关键词:** 目录服务; 语义查询; 空间信息服务; 空间数据

**中图分类号:** TP311 **文献标志码:** A

## Semantic-supported Spatial Information Directory Services

Yuan Jie, Zhang Hongyi, Liu Yonglin

(Aviation Equipment Metrological Station, Naval Aviation University, Huludao 125001, China)

**Abstract:** In order to combine the semantic web technology with the spatial information catalog service for the web (CSW), a semantic-supported spatial information CSW implementation method is proposed. Ontology is constructed to realize the semantic description of spatial information; the existing spatial information CSW model is extended to support the semantic registration of spatial data and services; semantic agent is constructed to realize the semantic-supported spatial information metadata query. The implementation results of the service prototype system show that the method can effectively improve the discovery ability of spatial data and services, and simplify the query steps.

**Keywords:** directory service; semantic query; spatial information service; spatial data

### 0 引言

空间信息技术广泛应用于经济、环境、军事等各个领域, 网络中存在大量空间数据与处理服务。如何在海量空间数据与服务中快速发现并获取有效资源是一个亟待解决的问题。空间信息目录服务是解决此问题的有效手段。早期的空间信息目录服务研究, 主要集中于语法层次的空间信息目录服务模式的定义, 实现与应用<sup>[1-2]</sup>。开放地理空间信息联盟 (open geospatial consortium, OGC)<sup>[3]</sup>制定了与空间信息服务相关的标准, 为空间信息服务、位置服务提供统一的标准接口进行互操作, 其中, OGC 目录服务 (CSW) 定义了目录服务模型, 用于注册、管理、发现空间信息资源, 为空间信息目录服务提供了良好的语法结构。基于语法层次的描述与关键字匹配的查询方式, 查全率与查准率较低。

随着语义网技术的发展, 将空间信息元数据概念化, 建立本体, 并将空间信息本体引入空间信息目录服务<sup>[4-5]</sup>, 实现语义网技术与空间信息目录服务的结合, 可有效地提高空间信息查询的效率与精度。笔者提出一种语义支持的空间信息目录服务实现方

法, 通过构建本体, 扩展 ebRIM 模型, 实现语义注册, 提供语义查询, 并支持 OGC 的标准接口, 既兼顾了目录服务的通用性与互操作性, 又提高了空间数据与服务的发现能力。

### 1 空间数据与服务的语义描述

在语义支持的空间信息目录服务中, 根据空间信息的内容将空间信息元数据分类并抽象概念化, 构建空间数据类型本体库与服务类型本体库描述空间数据与服务的语义信息。R.Neches<sup>[6]</sup>认为本体是“给出构成相关领域词汇的基本术语和关系, 以及利用这些术语和关系构成的规定这些词汇外延的规则的定义”。N.Guarino<sup>[7]</sup>依据领域依赖程度将本体划分为: 顶级、领域、任务和应用 4 类。空间信息本体库主要由领域本体与应用本体构成。

领域本体描述了特定领域中的概念及概念间的关系, 空间信息目录服务支持空间数据与服务的注册与查询, 需要建立领域本体, 描述地理空间领域的数据与服务的语义信息。GCMD<sup>[8]</sup>中包含了超过 25 000 个空间数据集和空间信息服务的描述, 覆盖

收稿日期: 2022-01-08; 修回日期: 2022-02-08

作者简介: 袁 洁 (1984—), 女, 山东人, 博士, 工程师, 从事无线电计量检定以及计量管理与网络服务融合研究。

E-mail: yuanjie19840603@163.com.

了地球与环境科学的各个方面。为了便于管理及查找数据与服务，GCMD 给出了服务与数据分类体系，将 GCMD 中的分类体系概念化后，建立空间数据与服务的领域本体。

领域本体提供地理空间领域内的一套概念表达和对数据与服务的分类，而不同的具体应用，需要更加有针对性，更加详细的概念表达和分类；因此，建立应用本体描述特定应用的服务与数据。GEOPW<sup>[9]</sup>的 100 多个服务有其特有的分类体系，将其概念化后建立 GEOPW 服务的应用本体。应用本体与领域本体通过 subClassOf 等公理建立映射，将 2 个本体融合为一，构建空间信息服务类型本体库，便于语义推理与查询。例如：根据 GCMD 分类体系建立的领域本体中有服务类型 Image\_Processing，GEOPW 应用本体中有服务类型 Raster\_Aggregation，当建立领域本体与应用本体的映射时，通过 subClassOf 公理定义 Raster\_Aggregation 是 Image\_Processing 的子类。同理，建立空间数据领域本体与应用本体的映射，构建空间数据类型本体库。当新的空间数据与服务注册到语义支持的空间信息目录服务中时，只需建立应用本体及应用本体与领域本体间的映射，具有良好的可扩展性，便于空间数据与服务的注册与管理。

空间数据通过空间数据类型本体库实现语义描述，空间信息服务的语义描述包括 2 部分：1) 空间信息服务类型本体库描述空间信息服务的分类语义信息；2) 利用空间数据类型本体库描述空间信息服务的输入输出。

## 2 支持语义注册的空间信息目录服务

### 2.1 ebRIM 目录服务模型

ebRIM 是 OASIS 提供的一个通用、开放的商务目录服务模型<sup>[10]</sup>。该模型设计合理，有效提高服务的易用性与效率，且结构灵活，易于扩展以适应不同领域的需要；因此，OGC 推荐采用 ebRIM 作为目录服务模型，并对其进行扩展以适应如图 1 所示的空间信息领域的应用。

在 ebRIM 模型中：RegistryObject 类为模型中所有类的抽象基类，其他类都继承自此类；Association 类定义了模型中类之间多对多的关系；ClassificationScheme 类描述了模型中对象的分类结构；ExtrinsicObject 类为一个扩展类，用于存储非 ebRIM 模型定义的类信息。图中深灰色阴影部分是 OGC 对 ebRIM 的扩展，扩展后的 ebRIM 中，

RegistryObject 类可以包含多个 Slots 用于描述空间信息属性，继承自 RegistryObject 的 ExtrinsicObject 类型的 Dataset 中存储空间数据元数据信息，继承自 RegistryObject 的 Service 中存储空间信息服务元数据，Association 类型的 Describeby 连接 Service 和 ExtrinsicObject 类型的 ServiceModel，Association 类型的 Presents 连接 Service 和 ExtrinsicObject 类型的 ServiceProfile，Association 类型的 Supports 连接 Service 和 ExtrinsicObject 类型的 ServiceGrounding。ServiceModel，ServiceProfile 和 ServiceGrounding 用于存储空间信息服务操作的相关信息。

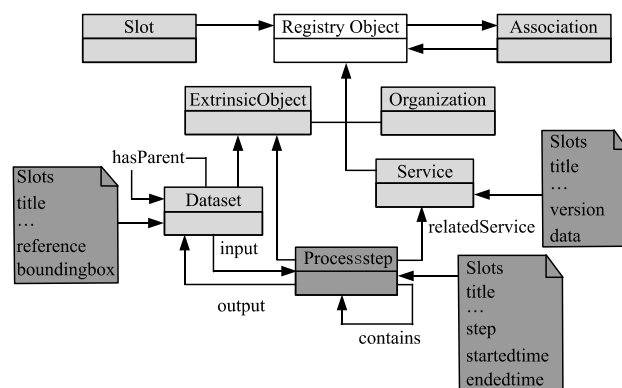


图 1 扩展后的 ebRIM 模型

### 2.2 扩展 ebRIM 模型支持包含语义信息的注册

图 1 中浅灰色阴影部分是为支持语义信息存储而对 ebRIM 的扩展，其中 ServiceModel 对象扩展 2 个 Slots 分别存储空间信息服务的输入输出的数据本体类，而 Service 对象扩展 2 个 Slots 分别存储服务 Pre-Condition 和 Post-Condition。空间数据与服务的语义注册主要包含 4 部分：

1) 空间信息服务类型本体库与空间数据类型本体库作为 ClassificationScheme 注册到目录服务中，本体库中的所有类作为 ClassificationNode 实例注册到目录服务中。

2) 每个数据集定义为 Dataset 实例，并关联到 ClassificationNode 的空间数据类型本体类实例，定义空间数据的语义信息。

3) 每个服务定义为 Service 实例，Service 对象扩展 2 个 Slots 用来描述空间信息服务操作前的条件和操作后的状态。

4) ServiceModel 是通过 Association 类型 DescribedBy 连接到 Service，并关联到 ClassificationNode 的空间信息服务类型本体类实例，定义空间信息服务的语义信息，ServiceModel 扩展 2 个 Slots，Slots 中存储与 ClassificationNode

相对应的数据本体类，分别描述空间信息服务的输入输出的语义信息。

空间信息服务语义注册如图 2 所示，GeoBufferProcess 是 GEOPW 提供的空间信息处理服务之一。Service 中存储 GeoBufferProcess 服务的元数据基本信息，建立服务模型 GeoBufferProcess Model 并通过 DescribedBy 关联到 Service。GeoBuffer ProcessModel 扩展 2 个 slots 存储输入输出数据类型 Vector\_data，Vector\_data 是空间数据类型本体类之一。创建 GeoBufferProcessClassification

存储 GeoBuff erProcess 的空间信息服务类型本体类，并关联到服务模型 GeoBufferProcessModel。

### 3 语义支持的空间信息目录查询

语义代理实现空间信息目录服务的语义搜索功能，主要由推理中间件、空间数据类型本体库和空间信息服务类型本体库 3 部分组成。通过语义代理实现空间数据与空间信息服务的语义查询。语义代理能够执行 2 种类型的语义检索，其工作流程如图 3 所示。

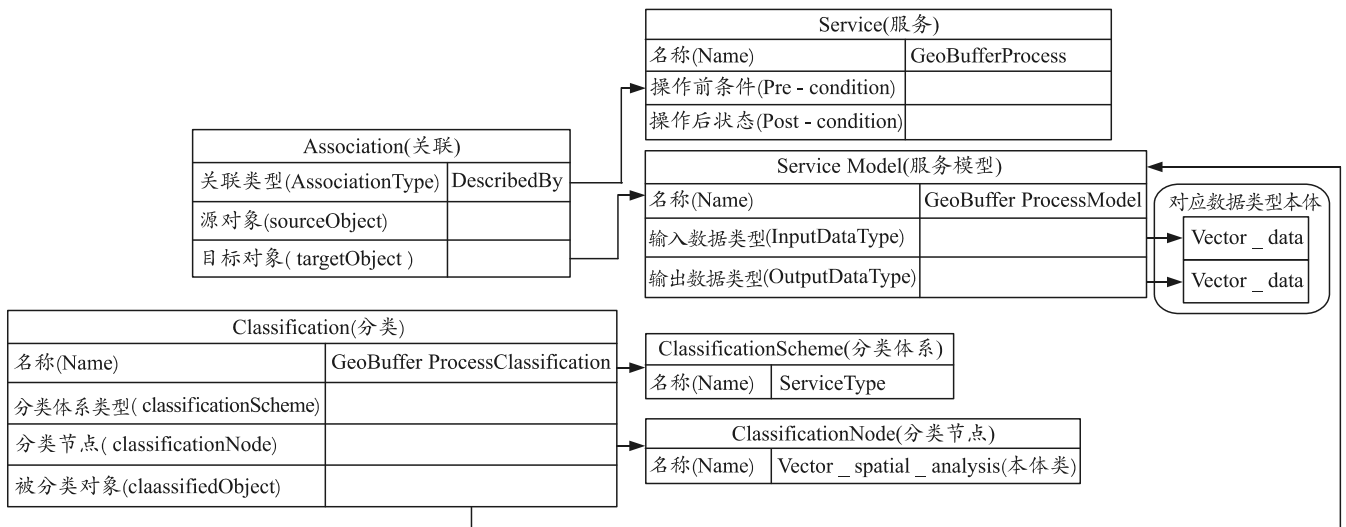


图 2 空间信息服务语义注册

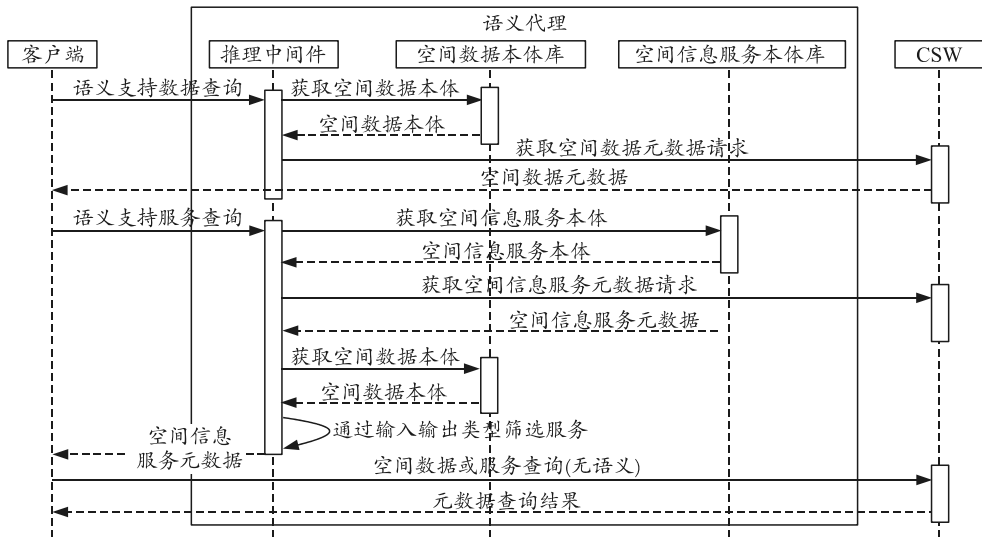


图 3 语义代理工作流程

第 1 种是语义支持的数据查询：1) 客户端发送包含语义信息的数据查询请求；2) 解析包含语义信息的数据查询请求，获取空间数据类型；3) 读取空间数据类型本体库；4) 通过推理中间件，进行语义匹配，获取与之匹配的空间数据类型及其子类，并将其作为查询条件，添加到空间数据查询请求中；

5) 向 CSW 发送请求获取空间数据元数据集。

第 2 种是语义支持的服务查询：1) 客户端发送包含语义信息的服务查询，语义信息主要是服务类型和输入输出类型；2) 解析包含语义信息的服务查询请求，获取服务类型和输入输出类型；3) 读取空间信息服务类型本体库；4) 通过推理中间件，进行

语义匹配，获得与之匹配的空间信息服务类型及其子类，并将其作为查询条件，添加到空间信息服务查询请求中；5) 向 CSW 发送请求获取空间信息服务元数据集；6) 读取空间数据类型本体库；7) 通过推理中间件，进行语义匹配，获取与之匹配的空间数据类型及其子类，将其与空间信息服务元数据集中的输入输出类型进行比对，获取匹配的空间信息服务并返回空间信息服务元数据集。

## 4 语义支持的空间信息目录服务

### 4.1 服务框架

语义支持的空间信息目录服务设计主要遵循以下原则：1) 灵活性，具有灵活的客户端，便于用户注册、管理、查询空间信息元数据；2) 互操作性，服务提供标准的接口，便于用户使用和服务集成；3) 高效性，提高查询效率与精度，简化查询步骤；4) 面向服务分布式架构。因此，笔者提出了语义支持的空间信息目录服务框架。

语义支持的空间信息目录服务框架如图 4 所示，它包含 3 层：应用层、服务层和数据层。第 1 层应用层为用户通过客户端实现数据与服务的发现、发布、下载和预览，用户通过客户端调用服务层的服务实现空间信息服务与数据的语义搜索。

第 2 层服务层中包含了空间信息门户，语义代理，基于 ebRIM 的空间信息目录服务和空间信息服务。

1) 空间信息门户允许用户灵活定制所需要的服务组件，门户技术为用户提供了一个灵活、个性的客户端，用户可以随意选择目录服务组件，定制适合的语义支持的空间信息目录服务页面。例如，普通用户仅可查询与下载空间信息服务与数据的元数据；因此，普通用户的页面可以仅定制包含空间信息服务与数据元数据查询，浏览与下载相关的服务页面；拥有注册与修改元数据信息的用户则可定制注册服务等组件。

2) 语义代理是语义支持的空间信息目录服务框架的核心，其主要由 3 部分组成：推理中间件，空间数据类型本体库和空间信息服务类型本体库，推理中间件实现服务查询中的语义推理，而空间数据类型本体库和空间信息服务类型本体库则实现数据与服务的语义描述。

3) 基于 ebRIM 空间信息服务是扩展后的目录信息服务，其用于存储，管理包含语义信息空间信息服务与空间数据，提供空间信息服务与空间数据元数据存储、查询、注册、删除等功能，实现数据与服务的共享。

4) 空间信息服务主要分为 2 种：实现空间数据共享的 WFS、WCS、WMS 和进行数据处理的空间信息处理服务。

最后 1 层是数据层，数据层管理和存储空间信息数据。

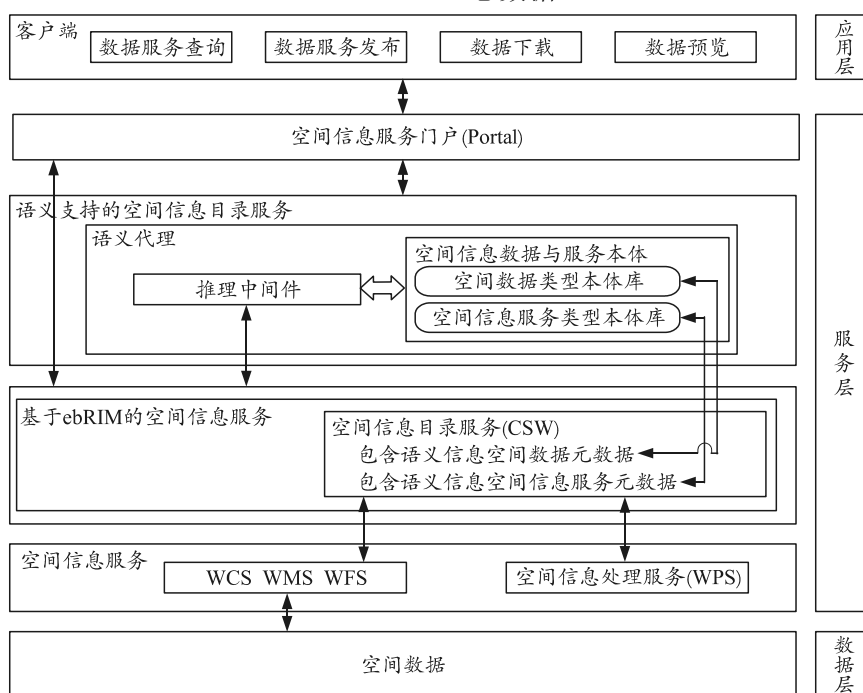


图 4 语义支持的空间信息目录服务框架

### 4.2 原型系统实现

笔者在 Omar Registry<sup>[11]</sup>平台的基础上,建立语义支持的空间信息目录服务原型系统,利用 Protégé<sup>[12]</sup>手工建立空间数据类型本体库与空间信息服务类型本体库。基于 Jena<sup>[13]</sup>构建语义推理中间, Jena 能够读取空间信息服务与数据类型本体库,通过 SPARQL 语言查询本体库,实现语义检索。原型系统支持空间数据与空间信息服务查询、语义支持的空间数据与空间信息服务查询、空间数据与空间信息服务元数据注册等。空间数据查询页面如图 5 所示。

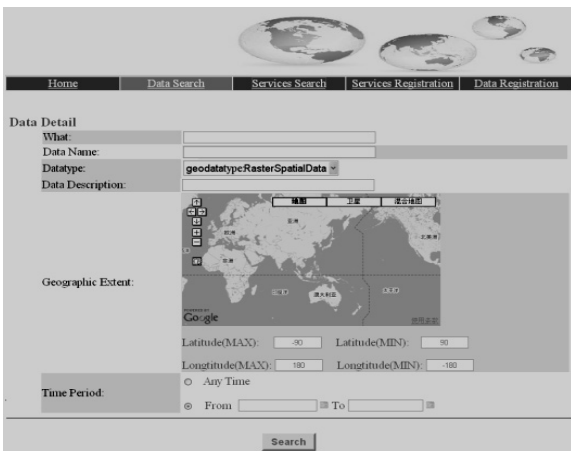


图 5 空间数据查询

通过语义代理,将语义支持的空间信息目录服务中的数据与服务、服务与服务、数据与数据之间建立关联机制。当用户获得一条空间信息服务的元数据,其详细条目中除了 OGC 的 CSW 标准中的基本元数据信息,还包含了服务分类及输入输出类型,通过服务分类获得同一本体分类下的其他服务的元数据,通过输入输出类型获得在此数据本体分类下的所有数据的元数据。通过这种关联机制,用户在获得空间信息服务后,可以获取服务能处理的空间数据的类型,并获得所有符合此空间数据类型的空间数据的元数据信息。若在结果中有用户感兴趣的空数据,可以直接获取并进行处理,简化了用户重新搜索数据的过程;同时通过服务分类,用户也可快速地获取具有相似功能的空间信息服务的元数据。当用户获得一条空间数据元数据时,其详细条目中也包含了数据类型条目,通过数据类型可获得此数据本体分类下所有数据的元数据。语义支持的空间信息目录服务以这种形式发布空间信息元数据,丰富了用户检索结果,简化了查询步骤。

如图 6 所示,以 RasterBufferProcess 元数据查询

结果为例,展示了空间信息元数据的关联查询,在 RasterBufferProcess 元数据详细条目中包含了 InputDatatype、OutDatatype 和 ClassificationNode 条目,其键值以超链接的形式呈现。当点击 InputDatatype 的键值 RasterSpatialData 时,将获得在 RasterSpatialData 本体类下所有的空间数据元数据,如 Road 元数据信息等;当点击 ClassificationNode 的键值 Raster\_spatial\_analysis 时,将获得 Raster\_spatial\_analysis 本体类下所有的空间信息服务元数据,包括 DEM2SlopeProcess、RasterpatchProcess、RasterGrowProcess 等元数据信息。

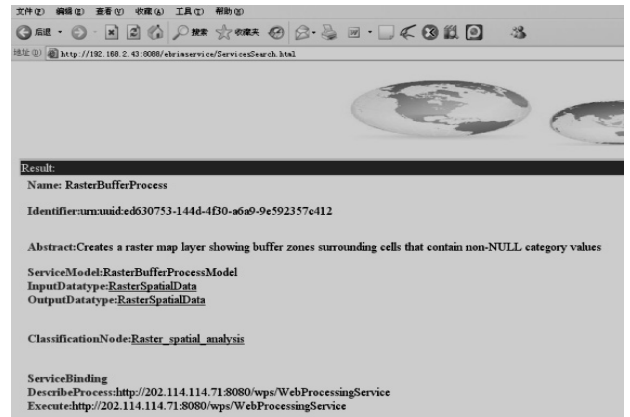


图 6 空间信息服务查询示例

### 5 结束语

笔者提出一种语义支持的空间信息目录服务的实现方法,以 ebRIM 目录服务注册模型为基础,通过扩展目录服务注册模型,构建语义代理,建立空间信息服务与数据类型本体库,实现语义信息注册及空间信息语义检索并建立空间信息服务与服务、数据与服务、数据与数据的联系。通过建立原型系统,证明此语义支持的空间信息目录服务能够有效提高空间信息服务与数据发现能力,增加服务与服务、数据与数据的联系,丰富查询结果,简化搜索过程。

对于语义支持的空间信息目录服务研究的后续工作,一是研究服务链的语义描述、注册、发现,并支持服务链的自动构建与服务发现;二是在此基础上设计空间信息知识库,提供空间信息知识服务。

### 参考文献:

[1] GeoNetwork opensource[OL]. <http://geonetwork-opensource.org/>, 2010.  
 [2] 赵珊,郭建忠,成毅,等. 基于 ebRIM 的地理空间信息网格目录服务设计[J]. 海洋测绘, 2008, 28(5): 62-64.