

# 基于 GML 的 WFS 研究与实现

罗显刚<sup>1,2</sup>, 谢 忠<sup>1,2</sup>, 吴 亮<sup>1,2</sup>, 刘 丹<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 武汉中地数码科技有限公司, 湖北武汉 430074

**摘要:** 网络要素服务(web feature services, WFS)是空间数据互操作的一个重要组成部分, 能为不同 GIS 数据格式提供要素级的交互. 基于地理标志语言(geography markup language, GML)的 WFS 能够为 Web 环境下的空间数据互操作技术和空间信息处理互操作技术提供简单而又有效的基本数据访问、要素编辑(包括添加、删除、更新)、要素的组合查询. 通过研究开放式 GIS 联盟(open GIS consortium Inc., OGC)的标准规范, 使用 MAPGIS 基础平台和 .NET 编译环境实现 WFS, 使用 XML 传输和存储地理信息, 其中包括属性和地理要素的几何属性. 最后给出了以 MAPGIS 平台为基础的基于 GML 的 WFS 的体系结构和实现方法. WFS 只解决了空间数据互操作的一部分, 为了更好的进行空间数据互操作, WCS、WCTS 的实现是必不可少的.

**关键词:** GML; 空间数据; 空间数据互操作; 开放式 GIS 联盟; WFS.

中图分类号: TP393

文章编号: 1000-2383(2006)05-0639-06

收稿日期: 2006-05-30

## Research and Realization of WFS Based on GML

LUO Xian-gang<sup>1,2</sup>, XIE Zhong<sup>1,2</sup>, WU Liang<sup>1,2</sup>, LIU Dan<sup>1,2</sup>

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Wuhan Zondy Cyber-Tech Co., Ltd., Wuhan 430074, China

**Abstract:** WFS(web feature services) is an important part of spatial data interoperability, providing feature-level operations for different GIS data formats. WFS, based on GML(geography markup language), is able to briefly and effectively support the interfaces of essential data access, feature edition including feature adding, feature deleting and feature updating, and combinational searching of features. Through researching the normal specifications of OGC (open GIS consortium Inc.), using the basic MAPGIS platform and editing environment of .Net, the authors create a WFS, which uses the XML transport and storage of geographic information including both properties and geometry of geograpy. Finally this paper puts forward a set of WFS architecture and implementation methods based on GML, running on the MAPGIS platform. WFS implements part of the function of spatial data interoperability. WCS and WCTS are absolutely necessary in order to be good to spatial data interoperability.

**Key words:** geography markup language; spatial data; spatial data interoperability; open GIS consortium Inc.; web feature service.

## 0 引言

随着 GIS 技术和 Internet 技术的迅猛发展, 空间数据的共享和互操作显得越来越重要了, 世界上许多 GIS 公司和组织相继接受这一思想, 甚至有的

GIS 公司和组织想办法解决空间数据的共享和互操作性, 并取得了一定的成绩. 其中开放式 GIS 联盟(open GIS consortium Inc., OGC)贡献尤为突出, 在 OGC 的带领下, 世界上几家大的 GIS 公司, 如 ESRI、MAPInfo 等制定了很多可以用于空间数据

共享和互操作的规范, WFS 就是其中的一个规范 (Open GIS Consortium, 1998a).

网络要素服务 (web feature services, WFS) 标准描述了使用 XML 对地理数据进行编码的规范. 在这个规范中, 描述编码的目的是为了能用 XML 传输、存储地理信息, 包括属性和地理要素的几何属性 (Open GIS Consortium, 2002a, 2002b). 一个 Web 要素服务 (WFS) 请求由一个对查询的描述或数据转换操作组成. 请求由客户端生成 (数据转换操作可以应用于一个或多个要素), 并使用 HTTP 协议提交到 Web 要素服务器, Web 要素服务器接下来读取并 (在某种意义上) 执行这个请求 (Open GIS Consortium, 1998b).

WFS 迈出了符合逻辑的一步, 并推荐使用这些接口描述基于 HTTP 协议的分布式计算平台上地理要素的操纵操作. 数据操纵操作包括以下能力: 创建一个新的要素实例、删除一个要素实例、修改一个要素实例、基于空间或非空间限制条件、取得或者查询指定要素.

### 1 空间数据共享的发展

GIS 从产生到现在, 经历了从单机阶段到网络阶段、从一般应用阶段到大型 GIS 阶段的过程. 由于 GIS 空间数据的现状和应用需求, 决定了空间数据共享有以下 3 种数据共享方式:

#### 1.1 外部数据转换

世界上有许多家 GIS 公司, 每家 GIS 公司都有自己的内部数据格式和数据存储方式, 一般这些 GIS 公司不向用户提供直接读写内部数据的函数, 为了不同的 GIS 数据之间能够进行数据共享和数据转换, 通常会定义一种外部的数据转换格式, 我们很熟悉的外部数据转换格式, 如 ARC/INFO 的 E00 等. 这些外部数据转换格式一般都是明码格式, 所以用户可以直接读写这些格式, 从而转换为自己的数据格式. 然而不同的 GIS 软件模块的数据结构和数据模型不会完全相同, 这就会在数据转换的过程中造成数据的丢失, 甚至得不到用户想要的信息. 例如一些 GIS 软件系统具有空间拓扑关系, 而一些软件则没有, 这样 2 种数据之间的转换, 数据信息必然会造成信息丢失 (Open GIS Consortium, 2002c).

鉴于以上情况, 许多国家都制定了空间数据交换格式标准, 但应用状况并不理想. 在空间数据转换

过程中还是会丢失信息, 而且应用起来比较困难. 最近, 开放 GIS 联盟已经推出了一个基于 Open GIS 的数据模型和 XML 的空间数据交换格式 GML, 得到了许多 GIS 软件厂商的支持. 这也为基于 Web Service 的空间数据互操作技术提供了有效的数据交换格式.

#### 1.2 GIS 软件互嵌

随着外部数据转换不能满足用户的要求, 人们就开始转换到研究空间数据的互操作方法. GIS 软件如果要对其他的 GIS 空间数据进行访问; 于是 GIS 软件厂商都相应地提供了自己的开发函数库, 一个 GIS 软件就可以通过开发函数将其他公司的 GIS 软件集成到自己的软件当中, 从而不需要进行繁琐的外部数据转换而进行数据共享 (承继成, 1999). 但随之问题出现了, 不可能将所有 GIS 公司的软件嵌入到自己的软件当中, 又由于每家 GIS 公司的软件在不断的升级, 也就不可能跟上每家公司的升级步骤.

#### 1.3 基于 GML 的空间数据互操作技术

Web Services 可以供网上任何能够发现它的应用程序调用, 甚至其他的 Web Service 也可以调用它. 利用 Web Service 技术, 可以很好地实现服务在 Web 层次上的互操作. 随着 GML 被许多公司的接受和采用, 更加为空间数据互操作提供了有利的数据交换基础 (图 1).

地理标志语言 (geography markup language, GML) 是一种用于存储和传输地理及与地理相关地信息的 XML 编码语言, 它包括了地理要素 (feature) 与层 (coverage) 的空间与非空间特征; 特别是 GML3.0 版本, 它能够描述 2D 线型要素以外的地理空间现象, 包括复杂的、非线性的 3D 要素、带有

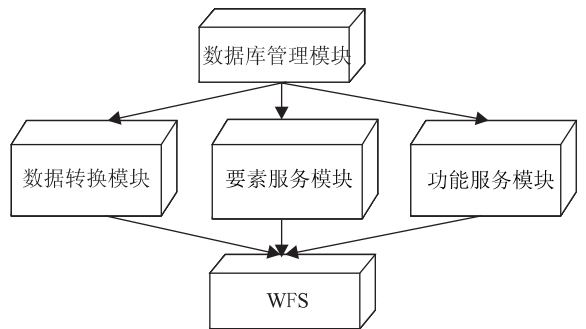


图 1 模块关系

Fig. 1 Model relation

拓扑的 2D 要素、时态要素、动态要素和层;它增加了空间和时态参考系统,测量单位和标准信息表示;它利用参考系统、单位和标准信息表示地理空间信息、观测值和值等,都是 GML 的特点和优点.

## 2 体系结构与实现

一个标准的网络浏览器能够通过简单地递交 URL(IETF RFC2369)请求来要求网络要素服务完成这些操作,这个 URL 的内容要视请求的具体任务而定.所有 URL 都包含了一个规范版本号和一个请求类型参数.WFS 操作支持在使用 HTTP 协议的分布式计算平台上对要素进行 Insert、Update、Delete、Query 和 Discovery 操作.要素服务请求要遵循的协议,处理请求的过程如下:首先客户端请求 WFS 的性能文档,这个文档包含对 WFS 支持的所有操作的描述和它可以提供服务的要素类型列表;接着客户可以根据性能文档中的描述有选择地进行下一步操作,如 GetFeature、Transaction、LockFeature 等.

基于 Microsoft .Net 体系结构,使用 Web Service 技术,以 GML 语言进行交换来实现 WFS 服务是该体系的特点.使用 .Net 体系结构,很好的实现了 N 层系统构架,使数据库管理模块、数据转换模块、要素服务模块、功能服务模块、逻辑处理、应用表现层具有较好的独立处理能力;Web Service 使功能模块、数据模块以服务的形式提供出来,简化了开发的难度,提高了开发的速度;GML 是 Open GIS 提出的新型数据交换格式,采用 GML 标准,符合数据格式转换发展要求.下面对体系的各层分别进行介绍.

### 2.1 数据库管理模块

数据库管理同时采用 SQL Server 和 Oracle 数据库.该模块直接与数据库打交道,并提供函数给其他模块调用,这样底层开发者、二次开发者就不用关心数据的问题,他们只要将其本身的功能实现就可以了,在此基础上来实现数据转换模块、地图服务模块、功能服务模块(图 2).

### 2.2 数据转换模块

数据的转换包括从 MAPGIS 格式数据到 GML 格式数据的转换、从 GML 格式数据到 MAPGIS 格式数据的转换.其目的是实现异构空间数据的共享.空间数据交换服务以 GML 为标准数据编码形式.也就是说,任何异构空间数据间的数据交换都首先

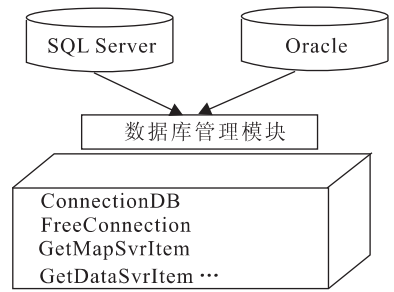


图 2 数据库管理模块关系

Fig. 2 Database management model relation

需要将交换的数据转换为 GML 数据格式,然后转入程序才能将 GML 编码的数据以自己的格式转入.这样,一个 GIS 系统仅需编写一个数据交换程序就能实现与其他任何 GIS 系统的数据交换.该服务定义了 2 个操作:GISToGML 实现某 GIS 结构的空数据到 GML 数据的转换;GMLToGIS 则恰恰相反,它实现 GML 数据到这种 GIS 结构的空数据的转换.

该文以 .NET 平台来实现空间数据交换服务.首先创建实现数据转换的组件.如上所述,数据交换包含 2 个实现过程:(1)实现从 MAPGIS 数据到 GML 数据的转换.读取需要转换 MAPGIS 数据,将其存入对象,再将对象中的数据读出写成 GML 数据;(2)实现 GML 数据到 MAPGIS 数据的转换.将 GML 数据及相应的 scheme 文件读入或部分读入内存(考虑到文件大的情况).经过解析,将文本中的数据取出写入 MAPGIS 数据库.

因此,该组件提供了 4 个接口:loadGISFile, objToGML, getGMLFile, gmlToGIS.下面的结构是点要素的,线和面要素的结构与其类似,这里就不列出了.

```

Class _PntFeature
{
    public long gisNum;
    public FldValue[] dataset;
    public gisDot[] XYCorrds;
}
    
```

然后,将这些接口封装成服务:GISToGML 和 GMLToGIS 并发布.空间数据交换服务的客户端可用任何语言写成,在这里就不详述了.

### 2.3 要素数据服务模块

对于 MAPGIS 地图数据也是分权限管理的,不同的用户能够访问的要素信息数据不一样.例如,有

的用户可以访问武汉的数据,但是有的用户则可以访问北京的数据。当客户登陆该系统时,首先要进行用户名、密码认证,用户名和密码在用户信息表中,如果存在则登陆成功,之后根据用户关键字从 MAPGIS 功能服务分配表中取到该用户能够使用的数据关键字,最后根据数据关键字在数据服务描述表中得到相应的数据描述信息。到此为止,客户就可以进行其他的操作了。

## 2.4 功能服务模块

基于 .NET 体系的 WebGIS 将处理 MAPGIS 数据的功能进行分门别类的用数据库进行管理起来。由于该 WebGIS 以服务的形式提供给客户,不同的客户所要求的功能不一样,比如,有的客户需要查询功能,但是有的客户需要对数据进行空间分析等功能,不同的功能收费也就不会相同,这就决定了对 MAPGIS 功能服务要进行不同的权限管理。

WebGIS 是利用 Internet 技术和 GIS 技术在 Internet 网上能够实现空间地理数据的显示、浏览、查询、分析、辅助决策等功能的一门技术,该体系采用了较新的 WebGIS 体系构架,实现了 WebGIS 的基本功能,还提供了空间数据互操作,实现的功能较多,所以将不同的功能用 SQL Server 数据库进行了有效的管理。

## 3 WFS 功能服务

根据 OGC 规范,WFS 要实现 3 个基本服务: GetCapabilities、GetFeature、DescribeFeatureType,事务 WFS 可以支持基本要素服务的所有操作,并且可以实现事务操作,同时事务 WFS 可以实现 LockFeature 操作。下面分别对这些服务及其实现进行介绍。WFS 规范主要是能够实现对要素的操作包括查询、添加、修改、删除等。查询的条件可以是属性条件,也可以是空间条件,同时可以是多种的组合条件,最终以 GML 的形式返回给请求的客户。在执行 WFS 规范功能服务时,一般首先都会调用 GetCapabilities,这个功能服务函数返回给客户的是该服务器对 WFS 的描述信息。通过这个描述信息,客户可以有选择的进行其他的功能函数操作。下面对该体系实现的 WFS 的功能函数进行详细的介绍。

### 3.1 GetCapabilities

获取服务级元数据,它是计算机和人都可理解的、关于 WFS 的信息内容和可接受的请求参数的

描述。服务调用者通过调用服务函数 GetCapabilities (Version, Service, Request, UpdateSequence),得到该 WFS 的具体描述信息,该描述信息是 XML 格式的。如下所示:

```
.....
<FeatureType>
  <Name>mapgis:chinaW1</Name>
  <Abstract>测试数据,道路</Abstract>
<Operations>
  <Insert />
  <Update />
  <Delete />
</Operations>
<LatLongBoundingBox minx=" - 10" miny
="10" maxx="20" maxy="20" />
</FeatureType>
.....
```

### 3.2 DescribeFeatureType

WFS 要素服务必须可以在请求中描述它可以提供服务的任何要素的结构。获取地图图像,它的地理空间参数大小都有明确的定义。服务调用者通过调用函数 GetCapabilities (Version, Service, Request, TypeName, OutputFormat)。Version 参数是版本号,在 GetCapabilities 函数返回的信息中表示该服务器能够提供的 WFS 版本系列;OutputFormat 表示返回请求的格式,在该体系中默认的情况是 GML 的格式,如图 3 所示。以下是请求的结果:

```
.....
<complexType name="WuhanW1_Type">
  <complexContent>
    <extension base="gml:AbstractFeature-
Type">
      <sequence>
        <element name="Fea_Geometry" type=
" gml:LineString" nillable="false"/>
        <element name="ID" type="long"/>
        <element name="length" type="double"/>
        <element name="abc" type="string"/>
      </sequence>
    </extension>
  </complexContent>
</complexType>
.....
```



图 3 WFS 实现

Fig. 3 WFS implement

### 3.3 G-SQL

基于地理信息系统的 SQL 查询也就是 G-SQL,它为 GIS 的数据检索提供了一种更方便、更高效、更快捷的查询. 原来的 GIS 系统中要么只有空间查询,要么只有属性查询,或者是空间和属性简单结合的查询,引入 G-SQL 之后,可以进行复杂的、任意组合的空间和属性条件查询. 该系统实现比较简单的 G-SQL 查询,下面是对服务器提交的一个矩形框和属性联合查询的简单的 G-SQL,客户端提交的 XML 请求文档如下:

```
<WFS_GSQL xmlns="http://www.opengis.net/wfs" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">
  <FeatureName>chinawp</FeatureName>
  <Filter>
    <And>
      <PropertyIsLessThan>
        <PropertyName>ID</PropertyName>
        <Literal>20</Literal>
      </PropertyIsLessThan>
      <BBOX>
        <gml:Box>
          <gml:coordinates>10002,10002,10003,10003</gml:coordinates>
        </gml:Box>
      </BBOX>
    </And>
  </Filter>
</WFS_GSQL>
```

```
</Filter>
</WFS_GSQL>
```

### 3.4 GetFeature

要素服务必须可以为一个获取要素实例的请求提供服务. 另外,客户端可以规定获取要素的那些属性,并且可以使用空间或非空间的查询限制条件请求:

```
<xsd:element name="Query" type="wfs:QueryType"/>
<xsd:complexType name="QueryType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element ref="ogc:PropertyName" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd:element ref="ogc:Filter" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
  </xsd:sequence>
  <xsd:attribute name="handle" type="xsd:string" use="optional"/>
  <xsd:attribute name="typeName" type="xsd:QName" use="required"/>
  <xsd:attribute name="featureVersion" type="xsd:string" use="optional"/>
</xsd:complexType>
```

返回给客户的是要素的 GML 文档,包括属性和空间信息.

### 3.5 与 WMS 结合的图形界面

WFS 的所有操作和显示都是没有任何图形显

示的,为了能使用户对互操作的 WFS 服务有一个更好的认识,该系统将 WMS 服务与 WFS 进行了有效的结合并显示.如图 3 所示地图的显示部分是由 WMS 服务构成,对于要素的添加、修改、删除和查询都是 WFS 服务中的函数.

## 4 结论

空间数据互操作是 GIS 研究的一个重要方向,为了实现空间数据互操作,OGC 定义了几个标准服务:WMS、WFS、WCS、WCTS,其中 WMS 是最基本的地图服务,它只能给互操作提供一个感官的地图认识,而想对已有的数据做编辑就需要实现 WFS 服务了.对于要素信息进行查询,则涉及到 G-SQL,本文对 G-SQL 作了相关的研究,但是要真正的实现 G-SQL,还需要进一步研究,使之能够满足任意属性和空间条件组合的 G-SQL 查询.GML 为空间数据互操作提供了很好的交互平台.Web Service 则为 WFS 提供了一种很好的实现方式.

## References

- Cheng, J. C., 1999. Digital earth and national special information basic information. Tsinghua University Press, Beijing, 82—84 (in Chinese).
- Open GIS Consortium, 1998a. The open GIS service architecture. <http://www.opengis.org>.
- Open GIS Consortium, 1998b. Open GIS simple features specification ForCORBA. <http://www.opengis.org>.
- Open GIS Consortium, 2002a. Web feature service implementation specification. <http://www.opengis.org>.
- Open GIS Consortium, 2002b. Web MAP service implementation specification. <http://www.opengis.org>.
- Open GIS Consortium, 2002c. Open GIS geography markup language (GML) implementation specification. <http://www.opengis.org>.

## 附中文参考文献

- 承继成, 1999. 数字地球与国家空间信息基础信息. 北京: 清华大学出版社. 82—84.