

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.12.013

## 基于 GDAL 的月球空间数据转换服务

余盼盼, 钟志农, 陈萃, 刘义

(国防科学技术大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 针对传统的空间数据处理软件的缺点, 采用空间数据抽象库 (Geospatial Data Abstraction Library, GDAL) 实现不同来源的月球空间数据共享。根据月球空间数据的特点, 采用空间数据交换模式设计和实现了包括桌面、网络和网络处理服务 (WPS) 3 种形式的月球空间数据转换服务, 有效解决了行星数据系统等月球空间数据的共享问题。该方案在实际应用中取得了良好的效果, 下一步, 将研究采用并行技术, 以提高数据的转换效率。

**关键词:** 月球空间数据; GDAL; 转换服务

**中图分类号:** TN311.12 **文献标识码:** A

## Lunar Spatial Data Conversion Service Based on GDAL

Yu Panpan, Zhong Zhinong, Chen Luo, Liu Yi

(School of Electronic Science & Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Based on GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), sharing of lunar spatial data from different sources has been achieved which makes up the shortage of traditional spatial data processing software. According to the characteristics of the lunar spatial data, three types of lunar spatial data conversion services, including desktop, network and network processing services (WPS) are designed and implemented using spatial data exchange model, effectively solving the PDS (Planetary Data System) and other lunar spatial data's sharing problems. In the practical application, the program has achieved good results. The next step, parallel technology will be studied to improve the efficiency of data conversion.

**Keywords:** lunar spatial data; GDAL; conversion service

### 0 引言

自上世纪 50 年代末, 前苏联成功发射人类历史上首枚月球探测器以来, 至今先后有美国、欧空局、日本、中国和印度成功实施了月球探测, 分别获取了大量的月球空间数据, 但由于采用不同的月球空间数据存储格式, 使得不同国家、不同探月计划的月球空间数据共享比较困难。例如, 美国探月数据一般以 PDS (Planetary Data System) 形式存储和发布, 使用时需要一种专门的软件—成像仪和光谱仪集成系统 (Integrated System for Imagers and Spectrometers, ISIS) 进行解译, 而一些地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 软件如 ArcInfo、SuperMap 等并不能直接读取和操作这种数据, 这就给月球空间数据的管理和发布带来困难。

PDS 是行星科学数据存储的一种标准, 也是一个数据系统。这种系统由 NASA 发起, 并逐渐成为全世界科学家进行科学研究的基础资源。存储在这种系统中的数据都必须符合一定的标准, 这种标准就是 PDS 数据存储标准。该标准的制定, 旨在降低使用 CD 介质存放大量行星科学数据的风险和费用, 方便未来科学家 (即使他们对数据的产生、内

容毫不知情) 对这些数据进行分析和使用<sup>[1]</sup>。我国和日本月球空间数据借鉴了 PDS 标准但都有一定程度的修改。

月球空间数据本质上是空间数据, 当前实现空间数据的共享主要有 3 种模式<sup>[2]</sup>: 空间数据交换模式、数据互操作模式、直接操作模式。其中, 空间数据交换模式只需要一个或多个转换软件就可以快速地对现有各种格式的数据进行整合和使用, 缺点是可能会在转换过程中损失数据信息。数据互操作模式还未得以广泛应用, 使用者也只能在提供的操作范围内进行操作, 应用受制于服务提供方。直接操作模式需要对 GIS 软件进行扩展, 由于空间数据格式众多, 因此这种方式实现的难度很大。

由于与传统的空间数据相比, 月球空间数据具有数据类型多样、数据量巨大、操作和处理复杂、采用原数据格式发布数据等特征。因此, 数据交换模式是实现月球空间数据共享较为理想的模式。当前 GIS 领域的数据转换工具, 如北美地区 Safe 公司的 FME suite 程序能够实现上百种数据格式的相互转换<sup>[3]</sup>, 但它们对月球等行星探测数据格式的支持较弱, 为此需要针对月球空间数据的特点, 开发月球空间数据转换服务, 以实现月球空间数据的共享

收稿日期: 2010-07-09; 修回日期: 2010-08-06

基金项目: 国家自然科学基金 (60902036); 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 重点项目子课题 (2008AA12A211)

作者简介: 余盼盼 (1986-), 男, 河南人, 硕士, 从事空间信息系统开发与应用研究。

以及处理。故基于空间数据抽象库 (Geospatial Data Abstraction Library, GDAL) 设计月球空间数据的转换服务。

### 1 GDAL 简介

GDAL 是开源地理空间基金会 (Open Source Geospatial Foundation, OSGeo) 发布的一个专门对栅格空间数据进行读取、编辑、写入、投影变换等操作的开源库, 附带了一个 OGR 库, 专门提供对矢量空间数据的类似操作<sup>[4]</sup>。

GDAL 和 OGR 的最新版本是 2010.04 发布的 1.7.2, 支持包括 AIG (Arc/Info Binary Grid)、ENVI (ENVI .hdr Labelled Raster)、EIR (Erdas Imagine Raw)、GIF (Graphics Interchange Format)、GTiff (GeoTIFF File Format) 在内的近百种栅格格式以及 AVCE00 (Arc/Info E00 (ASCII) Coverage)、DXF (AutoCAD DXF)、CSV (Comma Separated Value)、GML (Geography Markup Language)、DGN (Microstation DGN)、ESRI Shapefile 等几十种矢量格式。

如图 1, GDAL 的核心是它所描述的一个抽象数据模型。它对所有栅格格式的操作都是围绕这个数据模型展开的。

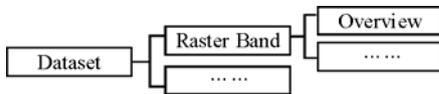


图 1 GDAL 数据模型

模型的最高层是数据集 Dataset, 任何要操作的栅格空间数据都会被当作一个 Dataset。它包含所有相关的 Raster Band 以及一些元数据, 比如栅格大小、空间参考和元数据等信息。Dataset 的下一层就是 Raster Band, 它代表一个单独的栅格波段/通道/图层, 有自己的属性, 比如块大小、数据类型等。最低一层是快视图 Overview, 用来快速地显示 Raster Band。一个 Raster Band 可能有 0 个或多个 Overview, Overview 的大小可能会和相应的栅格图像不同, 但是地理覆盖范围是一样的。

在数据模型的基础上, GDAL 构建了主要的类结构。核心类结构如图 2。

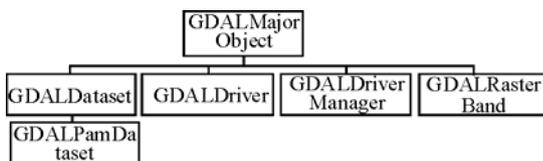


图 2 GDAL 核心类结构

所有核心类的父类是 GDALMajorObject, 它定

义了一些操作元数据的属性和方法供子类继承。

GDALDataset 类继承自 GDALMajorObject, 对应 GDAL 数据模型中的 Dataset。GDAL 实现对某种格式的操作其实就是实现一个 GDALDataset 的子类。GDALPamDataset 类是 GDALDataset 的子类, 适用于那些把辅助信息存储在数据文件以外的空间数据。

GDALRasterBand 类对应 Raster Band。每实现一个 GDALDataset 的子类也都会实现一个 GDALRasterBand 的子类, 它存储着具体的数据。

GDALDriver 类是数据格式的抽象, 每一种格式都会生成 GDALDriver 的一个实例, 它的所有属性和方法都来自于它所对应的 GDALDataset 类。GDAL 用 GDALDriverManager 类管理所有的 GDALDriver 实例。

GDAL 具有以下特点:

- 1) GDAL 是开源的, 可扩展性和可移植性较好。虽然是用 C/C++写的, 但可迁移到 JAVA、PERL、Python 以及 .NET 等语言环境。如果想支持某种新的数据格式, 只需要添加几个子类, 很容易扩展;
- 2) GDAL 的 API 功能全面, 可以很容易嵌入到其他程序中去, 所提供的空间数据操作操作完全可以满足格式转换的需要。它也被一些商业 GIS 软件使用, 比如 ESRI 9.2 版本的产品<sup>[5]</sup>;
- 3) GDAL 本身已经支持的数据格式几乎囊括了目前所有的空间数据格式, 尤其是对月球等行星探测数据格式的支持, 比如 PDS (Planetary Data System)、ISIS (Integrated Software for Imagers and Spectrometers) 和 FITS (Flexible Image Transport System), 这是目前其他商业或开源软件所不具备的<sup>[6]</sup>。

由此可见, 采用 GDAL 是实现月球空间数据转换一种较为理想的方式。

### 2 基于 GDAL 的空间数据转换服务设计

#### 2.1 月球空间数据转换服务的设计

根据月球空间数据共享的需求, 月球空间数据转换服务的实现主要包括以下几种形式:

- 1) 月球空间数据转换工具。主要面向本地用户, 提供本地月球空间数据预览以及单个或批量的月球空间数据格式转换。工具的功能模块结构如图 3。



图 3 转换工具功能模块结构图

数据预览模块可以让用户预先浏览所要转换的月球空间数据以及元数据信息;

任务管理模块允许用户创建任务队列, 有选择性地或是批量的启动格式转换任务;

日志模块主要记录格式转换任务信息, 以给用户提供必要的任务参考信息;

数据转换模块是承担格式转换任务的主要模块;

系统配置模块用于完成选择系统日志文件位置以及是否创建操作系统快捷菜单等一些系统配置功能。

2) 基于 Web 的空间数据转换应用程序。主要面向网络用户, 提供远程的月球空间数据单个或批量的格式转换服务。

用户通过 Web 浏览器登录月球空间数据格式转换网站, 填写转换参数并上传源格式数据, 服务器自动处理转换任务, 处理完毕后将转换结果返回给用户。由于数据量大, 服务器支持用户上传压缩文件, 进行转换时, 实时显示转换进度, 转换完毕后提示用户下载转换结果所在的 FTP 地址, 然后由用户到指定的 FTP 下载转换后的数据。

3) WPS (Web Processing Service) 服务。它是空间数据转换的 web 服务, 主要面向网络或是桌面应用程序, 其他程序可以集成此 web 服务实现空间月球数据的转换。WPS 接口指定了服务端必须实现的 3 个操作: (1) GetCapabilities, 这个操作允许客户端请求并获得服务元数据, 包括服务名称、功能描述等; (2) DescribeProcess, 这个操作允许客户端请求并获得某个服务的详细元数据, 包括输入参数、所允许的格式以及会得到怎样的输出等信息; (3) Execute, 这个操作允许客户端请求并执行某种操作, 客户端提供所需要的输入, 服务端执行操作并通知客户端执行进度<sup>[7]</sup>。

WPS 接口的 UML 图如图 4。

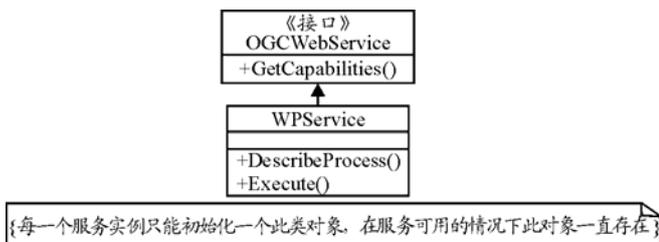


图 4 WPS 接口 UML 图

### 2.2 月球空间数据转换服务的实现

以上 3 种方式的数据转换服务的实现核心是月

球空间数据的格式转换模块以及任务管理模块, 数据格式转换的基本流程如图 5。

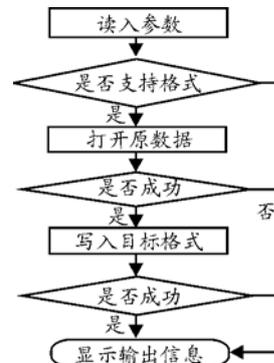


图 5 格式转换基本流程

在系统中笔者实现一个格式转换类 Transform 来完成月球空间数据转换的核心功能, 类图如图 6。

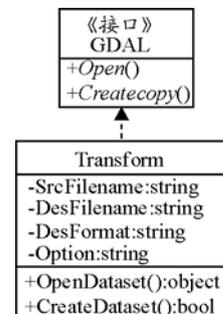


图 6 格式转换类 UML 图

主要的转换输入参数包括 SrcFilename、DesFilename、DesFormat、Option, 指定了原格式数据位置、目标格式数据位置、目标格式以及转换选项。OpenDataset()负责打开源数据, 它调用 GDAL 接口来打开源数据。CreateDataset()负责创建指定格式的目的数据, 它调用 GDAL 接口按照指定的格式写数据。

任务管理 Tmanager 类图如图 7。

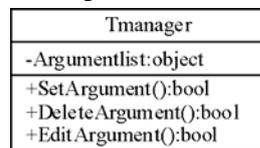


图 7 任务管理类图

每一个转换任务都对应属性 Argumentlist 中的一项, 包含了转换所需的所有参数。SetArgument()方法用于设置转换参数, DeleteArgument()方法用于删除转换参数, EditArgument()方法用于编辑修改转换参数。基于 Transform 以及任务管理模块, 笔者实现了月球空间数据转换工具、月球空间数据转换 Web 系统以及 WPS 服务。图 8 为月球空间数据转换工具界面。



图 8 转换工具界面

上述月球空间数据转换服务已应用到笔者所承担的月球空间数据库系统开发项目中,取得了良好的效果。

### 3 结束语

该方案在实际应用中取得了良好的效果,证明该方案是可行、可靠的。但由于月球空间数据量较大,进行转换时耗时较长,如笔者在转换 clementine basemap 数据时,在数据量为 8.4G 情况下共耗时 55 秒,在下一步工作中,将研究采用并行技术,以提高数据的转换效率。

\*\*\*\*\*

(上接第 44 页)

### 3 试验

系统的高低和方位两轴系伺服控制,都用同型号步进电机拖动,只举例方位轴伺服控制。用传统 PID 算法,改进 PID 算法和多模态模糊 PID 算法实现方位轴给定位置调转控制,位置变化如图 5。传统 PID 算法比例增益过大,积分增益小,存在稳态偏差,过快增大的控制输入导致系统响应不平滑。改进 PID 算法消除了不平滑现象和稳态偏差,但出现了响应速度降低和超调的问题。多模态模糊 PID 算法取  $k_1=0.25$ ,  $k_2=0.20$  和  $k_3=0.43$ ; 采用

$$f(e) = \begin{cases} e(k), & e(k) < e_0 \\ e_0, & e(k) \geq e_0 \end{cases}$$

确定的偏差输入,令  $e_0=100$ 。

多模态模糊 PID 算法提高了响应的速度,使负载运动比较平滑和控制偏差进一步减小,超调问题也得到很好解决。

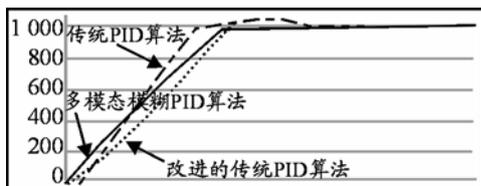


图 5 位置阶跃响应曲线

在手柄控制转台试验中,传统的 PID 算法跟踪控制输入的偏差明显比多模态模糊 PID 算法的偏差大。如图 6,虚线表示多模态模糊 PID 算法的跟踪偏差曲线,粗线表示传统算法跟踪偏差。控制时

### 参考文献:

- [1] 杨甲森, 赵娜. 行星数据系统研究[J]. 科研信息化技术与应用, 2009, 4(1): 206-210.
- [2] 康金春. 中间件技术在空间数据共享中的应用[J]. 地理空间信息, 2009, 7(5): 35-37.
- [3] 刘小伟. GIS空间数据格式转换技术与方法的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
- [4] Open Source Geospatial Foundation. GDAL - Geospatial Data Abstraction Library [EB/OL]. (2010-04)[2010-06]. <http://www.gdal.org/>.
- [5] Aaron Racicot, Ecotrust. OPEN SOURCE GEOSPATIAL TOOLS: ENABLING COASTAL DECISION MAKERS[R/OL]. Proceedings of Coastal Zone 07, 2007[2010-06]. <http://www.interrain.org/reports/>.
- [6] Trent M. Hare, A Case for a PDS Supported Cartographic Raster Library[R/OL], 41st Lunar and Planetary Science Conference, 2010[2010-06]. <http://adsabs.harvard.edu/abs/>.
- [7] Open Geospatial Consortium. OpenGIS Web Processing Service [S/OL]. (2007-06-08)[2010-06]. <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>.

$e(k) < e_0$ , 所以  $\beta = f_\beta(e, \dot{e})$ ; 为满足最大速和最低速的要求, 需要对手柄数据做非线性化处理;  $\alpha = f_\alpha(|e|)$  决策表见表 1。

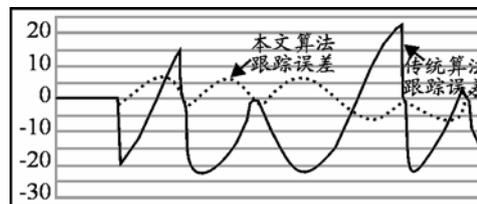


图 6 手柄控制跟踪偏差对比

表 1  $\alpha = f_\alpha(|e|)$  决策表

$ e $	0~1.5	1.5~7	7~18	18~35	35~50	50~71	71~100
$\alpha$	3.641	2.115	1.976	1.123	0.812	0.127	0.018

### 4 结束语

试验证明, 相比传统 PID 算法, 该算法性能优良, 且模糊规则表的制定和调试简单易行, 适合转台伺服控制的工程应用。

### 参考文献:

- [1] 唐锐, 文广等. 基于遗传 PID 控制的双向伺服系统[J]. 中南大学学报, 2007(38): 223-226.
- [2] Geum-Bae Cho, Pyoung-Ho Kim. A precise control of AC servo motor using neural network PID controller [J]. CURRENT SCIENCE, 2005, 89(1): 23-29.
- [3] 刘爽. 模糊 PID 控制器用于直流电机的控制[J]. 哈尔滨理工大学学报, 1997, 2(5): 36-39.
- [4] 王杰, 林忠万, 李玉忍. 新型多模态 PIDS 控制算法在高精度位置伺服系统中的应用[J]. 电气传动, 2008, 35(3): 33-35.