

大型工程中的 WMS 数据获取与集成应用方法

韩元利^{1,2} 刘一平¹ 王汉东² 朱庆²

(1 中铁第四勘察设计院集团有限公司,武汉市和平大道 745 号,430063)

(2 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:面向大型土木工程设计,提出了一种运用 WMS 共享空间数据源并实现高效应用集成的工程设计应用技术体系。首先,直接针对 WMS 数据服务器定向开发数据获取应用,通过高效并行多线程实现空间数据的分块网络传输,同时结合本地缓存机制与网络共享,实现了一种双轨存储访问机制;其次,基于独立的应用下载与嵌入的实时线程分配,实现了远程数据的本地化模拟应用环境与分布式共享协同;再次,针对 WMS 数据的应用,实现了空间数据向工程数据的高精度转换与工程制图出图体系,开发了统一的全球三维可视化平台,用于直观地综合表达各种 WMS 数据源。

关键词:网络地图服务;数字地球;地理信息系统;网络地理信息系统;工程设计

中图法分类号:P208

如何获取与组织网络地图服务(Web map service, WMS)空间数据资源来保障工程设计的便利与精度,是一个非常关键的问题^[1-3]。本文避开传统大众型 WebGIS 的 GIS 查询分析应用,面向 WMS 数据源,建立了集空间数据检索、数据并行传输技术及高效存储访问机制、专业应用开发于一体的 WMS 远程数据本地化综合应用体系。

1 WMS 数据服务体系

WMS 是国际开放地理空间信息联盟(OGC)发布的一种保障空间数据共享的标准化定义协议。WMS 主要规范的是规则格网存储的空间数据(如空间影像与 Grid DEM 等)。

1.1 WMS 数据组织结构

WMS 重点关注的是空间数据共享的访问接口,并没有指定空间数据的存储组织结构,但对海量栅格数据来说,WMS 均采用了较简单的文件系统结构^[4,5],而不是空间数据库系统,这样既节约了部署成本,也简化了维护过程。根据用途、性能要求的不同,空间数据的文件系统有两种不同的组织形式。

1) 分层分块文件组织结构。这种 WMS 组

织形式是与常规 WebGIS 系统多层分块的表达形式相一致的组织策略,也是空间数据多尺度表达的一种普遍形式,比较适合大型 GIS 系统表达及发布。采用约定的分层定块访问机制,不需要定制访问服务,远程访问效率较高,但由于采用多级冗余表达,数据量较大。目前,主流的二维 WebGIS 与三维 WebGIS 均采用这种组织形式^[2,4,6]。

2) 动态采样检索服务机制。这种组织形式适合于单层空间数据的发布,空间数据的原始分辨率是固定的,通过不同的采样插值提取实时生成文件返回实现多层次的空间数据访问^[7,8],如 NASA 的多种数据源就是这样的。除了空间数据尺度单一、不利于多尺度的空间分析查询外,文件系统检索机制的 WMS 服务通常还需要针对不同的数据源,定制开发相应的检索采样服务程序,因而在部署成本及效率上没有优势。

1.2 WMS 的坐标空间

无论是哪一种组织形式,WMS 必须确立统一的坐标空间,以方便 WMS 服务器进行定位检索,因而 WMS 不支持经分带投影的工程数据发布。但这并不表示 WMS 就不支持平面数据的发布,采用 Web Mercator 投影的空间数据所得到的平面也具备统一的平面坐标,因而适宜于

WMS 的检索发布,如 GoogleMaps 的诸多数据集就是采用这种坐标空间,它的缺点是无法覆盖到地球两极区域^[3,9]。Web Mercator 更重要的是一种结合 UTM 投影技术改进而建立起来的全球平面数据的组织与表达技术,故本文引用这一重要概念。

还有一种 WMS 坐标空间体系是直接以经纬度地理坐标进行表达的^[2]球面空间,这种球面组织的好处是可以覆盖全球,缺点是在进行平面表达时需要进行投影转换,对于访问频繁的平面 WebGIS 系统将严重影响系统性能,但对球面三维却能很好地支持,如 Google Earth、天地图系统、NASA WMS 就是采用这种方法进行组织的。

对公共 WMS 空间数据源,组织形式与坐标系统是数据提供商固有的特性,开发人员需要充分地了解才能有效地挖掘应用并建立相应的技术体系保障工程应用的实施^[10,11]。

2 WMS 数据的获取技术

总体来讲,一个完备的 WMS 工程应用体系包括 3 个组织部分:远程数据源、数据传输层与数据应用层开发。

2.1 远程公共 WMS 数据源访问检索机制

为了方便检索调用及表达,保障远程访问效率,大多数 WMS 提供商将网络数据源与 LoD 层次细节调用模型相结合,将处理后的分层分块数据发布出来,供客户端程序访问。本文主要针对这种分层分块的 WMS 数据源建立访问检索机制。所谓访问检索机制,即由目标区域确立的访问数据层与块行列号的关系。本文以面向 KML 所定义的一个多边形作为数据获取的目标区域加以研究,其坐标皆为经纬度地理坐标。

以经纬度地理坐标系统组织的 WMS 数据源,源数据与目标数据的坐标空间是一致的,无需经过坐标转换即可确立其层块,检索公式为:

$$B(\text{cols}, \text{rows}, l) = \begin{cases} \text{west} = -180 + 90 \times \text{cols} / 2^{l-1} \\ \text{east} = -180 + 90 \times (\text{cols} + 1) / 2^{l-1} \\ \text{north} = 90 - 90 \times \text{rows} / 2^{l-1} \\ \text{south} = 90 - 90 \times (\text{rows} + 1) / 2^{l-1} \end{cases} \quad (6)$$

$$B(\text{cols}, \text{rows}, l) = \begin{cases} \text{west} = -180 + 90 \times \text{cols} / 2^{l-1} \\ \text{east} = -180 + 90 \times (\text{cols} + 1) / 2^{l-1} \\ \text{north} = 2 \left[\arctan \left(e^{\frac{(2^{l-1} - \text{rows})\pi}{2^{l-1}}} \right) \times \frac{180}{\pi} - 45 \right] \\ \text{south} = 2 \left[\arctan \left(e^{\frac{(2^{l-1} - \text{rows} - 1)\pi}{2^{l-1}}} \right) \times \frac{180}{\pi} - 45 \right] \end{cases} \quad (7)$$

通过判断每块是否在多边形区域内,从而确

$$\begin{cases} \text{cols} = \lfloor (L + 180) \times 2^l / 360 \rfloor \\ \text{rows} = \lfloor (90 - B) \times 2^l / 180 \rfloor \end{cases} \quad (1)$$

其中, l 表示图层数; (B, L) 为目标点的地理坐标。

如果分块坐标原点在左下角(如 NASA WMS 系统),则对块行号的检索计算为:

$$\text{rows} = \lfloor (90 + B) \times 2^l / 180 \rfloor \quad (2)$$

对于经 Web Mercator 投影的平面投影数据源, WMS 的数据坐标是以像素表示的平面坐标,因此,需要建立地理坐标与像素坐标之间的转换关系。沿纬线方向的像素所表达的空间距离随纬度变化,称为纬向分辨率,式(3)是不同纬度沿经线方向的像素的空间距离计算公式。式(4)是地理坐标与像素坐标的转换公式。其中, res 表示纬向分辨率; L, B 分别表示经度、纬度。 pixLng 、 pixLat 分别表示在经度和纬度上计算得到的像素坐标:

$$\text{res} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \sin B}{1 - \sin B} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \text{pixLng} = \frac{(L + 180)}{360} \times 2^l \times 256 \\ \text{pixLat} = ((1 - \text{res} / \pi) \times 0.5) \times 2^l \times 256 \end{cases} \quad (4)$$

有了投影后的像素坐标,则可以根据每一块的尺寸 w 得到对应块的行列号,式(5)是行列号的计算公式:

$$\begin{cases} \text{cols} = \lfloor \frac{\text{pixLng}}{w} \rfloor \\ \text{rows} = \lfloor \frac{\text{pixLat}}{w} \rfloor \end{cases} \quad (5)$$

2.2 区域图块检索算法

2.2.1 区域扫描多边形判中算法

区域扫描多边形判中算法是求取研究区域的最小外接矩形后,根据上面的公式反算其对应的图块行列号范围,再根据行列号计算每块的地理坐标范围。式(6)、(7)分别给出了在地理坐标空间和 Web Mercator 坐标空间中的计算公式:

立是否需要下载该图块数据,如图 1(a)所示,这

种方法的好处是无论是凸、凹多边形区域都可以用来检索,其缺点是要对每一图块进行多边形判中操作,最多的时候需要对一个图块的 4 个顶点进行判中操作,严重地影响了程序检索的效率。

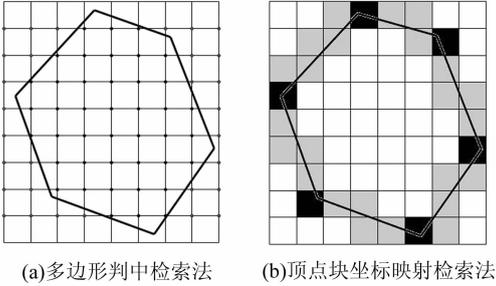


图 1 两种不同的区域检索算法

Fig. 1 Two Different Area Index Algorithms

2.2.2 块坐标映射检索法

块坐标映射检索法是根据多边形的顶点确立顶点块的行列坐标号 (i, j) , 通过多边形填充函数在内存中生成一幅以着色标示的图块映像图, 在进行检索下载图块时, 根据每一个像素的颜色标识判断是否进行下载。如图 1(b) 所示, 这种方法的优点是计算量非常小, 针对诸如交通线位带状区域的数据获取时, 非常高效^[10, 11]。

由于工程下载数据量通常非常巨大, 在应用过程中需要支持断点下载与多进程下载。如果要进行续传, 在前一方法中, 要求对包括已经下载图块在内的所有外接矩形内的点重新检索一次, 检索量会非常大, 如下载 15 层级一个省的区域, 可能需要 1~2 h 来重新检索定位, 而后一种方法的检索只限于区域内块的数据判断, 极大地提高了数据检索效率。除此之外, 后者是一个离散图块的集合, 可以灵活地安排下载任务, 更适合多线程同步数据获取, 而前者是通过逐点逐块依次判断来建立下载任务的, 在机制上不适宜多进程的任务分配。

2.3 WMS 数据获取机制

2.3.1 文件块的有序存储

通常, 下载块文件数会多达数万个甚至是上百万个, 造成操作系统的检索与存储困难, 为了保障高效的检索, 采用行列号分块文件夹组织的形式进行有序存储, 所有的图块文件 $(x_y. *)$ 均组织存储在以 X_Y 为子文件夹的目标下, 其中,

$$\begin{aligned} X &= x/2^7 \\ Y &= y/2^7 \end{aligned} \quad (8)$$

这样, 不仅能够实现文件的快速检索定位及存储区域的连片访问, 同时能够保障文件的有序组织, 并且每一文件夹中的文件块数目最多不会超过

2^{14} , 满足大多数操作系统对文件系统的限制。

2.3.2 网络共享存储与本地缓存双轨机制

通常, WebGIS 对远程数据块的访问应用是实时的, 这些下载的数据只需要在计算机本地建立临时目录即可。但对大数据量的工程作业数据获取来说, 其后续的处理需要分步进行, 如数据获取、合并拼图及工程制图等多个环节, 这样就需要建立相对稳定的本地缓存来存储数据, 后续的工作可以只针对获取的数据来进行处理, 从而将数据获取过程从数据处理过程中分离开来。

更多情况下, 在进行某一项工程设计时, 很有可能某一个区域成为研究热点, 从而使得更多人重复地获取某一块区域的数据, 这对宝贵的网络资源与设计时间是不可忽视的浪费。因此, 在局域网环境中, 可以非常方便地设立网络共享存储服务器, 由数据获取程序保障每一块数据只会从远程 WMS 服务器上下载一次, 网络共享存储服务器上的数据积累越多, 后续使用者的效率越快, 既解决了数据获取效率的问题, 又使得共享存储服务器上的空间数据无形地成为开发其他应用的数据源。

2.3.3 多线程并行数据获取技术

为了保障下载的效率, 需要用多线程技术开发针对单个块的数据传输链路实现, 从而使得下载过程完全独立于任务分配的离散线程聚合体, 这样不仅保障了下载环境的稳定, 更便于在多种模式下启用 WMS 数据获取, 如在独立的应用程序中或应用程序的后台服务环境中。

WMS 的数据获取技术不只是针对某种数据源, 而是基于 WMS 协议的具备相应存储组织结构的公共数据源, 因而它是多源数据的综合与统一。

3 数据应用开发

在获取大量 WMS 数据的基础上, 如何针对这些数据开展应用, 是关键所在。本文从二维应用和三维应用两个方面介绍了 WMS 数据的应用开发。

3.1 独立工程坐标的工程制图应用

文献[10]论述了 WMS 数据在大型工程设计中的应用业务, 事实上, 支持这一应用的技术除 WMS 数据获取技术外, 还包括图块合并技术、图块叠加及图阵坐标转换等技术。

3.1.1 图块合并技术

直接获取的图块单元尺寸通常都很小, 且数量比较大, 无法满足工程设计的需要, 因此, 需要

将这些小图块合并成相对较大的图片,得到若干个由合并图块所形成的图阵列。无论是什么WMS数据源,不能保证每一层的每一幅图块都存在或能正常地获取,这时就需要借助图块的层级关系检索并截取上一层级的图块用于扩张填充,以保障整个区域拼图的完整。

3.1.2 图块叠加技术

图块叠加是将多种数据源的图块综合在一起得到综合效果的一种扩展应用,一般是将矢量图块叠加到诸如卫星图块或地形图块上,得到既有渲染效果又有地物名称标注的综合图。图块叠加技术是通过GDI的XOR绘制方式进行重写实现的,因此,通常是将透明图块层写到影像图层面上。

3.1.3 图阵转换技术

在图块合并时,程序会自动计算顶点处图块的坐标并作为合并后图阵的定位数据保存下来,这样就可以记载图阵中每一张图片的统一经纬度地理坐标。如果需要把这些图阵转换成CAD工程数据,只需要根据文献[10]中的方法计算每一张图片4个顶点的工程坐标并将相应图片嵌入DWG文件。由此可见,这种操作是在完全保障

精度的前提下将GIS空间数据转换为更方便易用的工程CAD数据,这样,既为工程设计提供精度更高、更新更快的免费数据资源,又能多层次、多体系地分析工程方案对不同主题数据源的性能优劣,建立高效的集空间数据检索、数据并行传输及高效存储访问机制与独立的专业应用于一体的WMS综合应用体系结构。

3.2 全球三维系统应用

在全球三维GIS平台中,基于上述的组织存储结构与运作机制保障远程空间数据的实时获取、科学组织与在线应用。这种全球LoD的三维建模模式与WMS数据的本地化结构完全一致,可以实现地形与影像的实时漫游、实时下载,是面向WMS数据的直接应用,数据无需再作处理,并且所涉及的图块数据包括影像数据与地形DEM数据等多种形式。在该平台中,数据获取与应用是既衔接紧密又相互独立的逻辑,实现了一套机制表达多种数据源、一套数据多种应用的综合配置效果,如图2所示,这不仅为全球三维数字平台解决了数据源的问题,也为共享数据源提供了更广泛、更直观的三维分析应用平台。

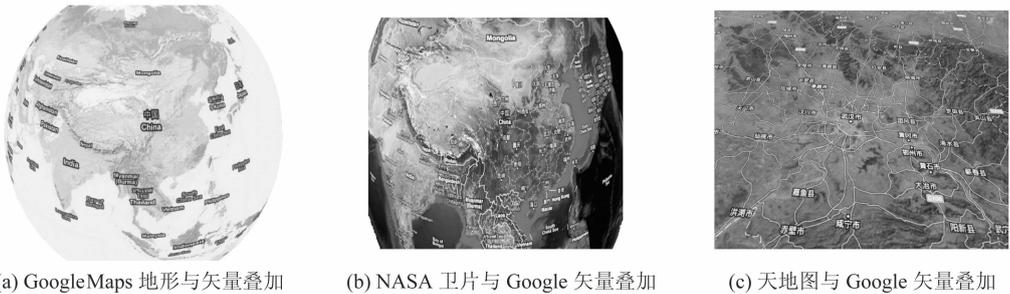


图2 多WMS数据源的全球三维GIS平台应用叠加效果图

Fig. 2 Multi-WMS Data Source Overlay Rendering Effect in Globe Modeling

除此之外,还可以针对获取的WMS数据开发自己的WebGIS应用平面系统,也可以通过许多WebGIS Server平台发布这些数据,这些目前已经有非常普及的应用,本文不再赘述。

4 结语

本文针对WMS数据的获取与应用给出了一个完整的面向工程应用的技术体系,能够兼容多种数据源,并行多线程地实现数据块的高速下载与统一的数据组织与存储。系统自开发部署两个月以来,已经成功采集WMS数据600G以上,并平均以每天10~15G的获取量递增。同时,针对WMS数据的应用开发了多种工程应用与三维应用程序,在实际的工程设计中取得了良好的效

益^[10,11]。

参 考 文 献

[1] 孙九林,李爽. 地球科学数据共享与数据网格技术[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(5):539-543

[2] 苗立志,伍蓝,李振龙,等. 多源分布式CSW和WMS地理信息服务集成与互操作[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(3):11-14

[3] 胡鹏,吴艳兰,杨传勇,等. 大型GIS与数字地球的空间数学基础研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2001,26(4):296-302

[4] 许虎,聂云峰,舒坚. 基于中间件的瓦片地图服务设计与实现[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(4): 562-567

[5] 陈应东,陈毓芬,卢晨琰. 网络地图服务传输机制

- 的研究[J]. 测绘科学技术学报, 2006, 23(3):211-214
- [6] 陈静, 龚健雅. 海量地形数据的 Web 发布与交互浏览[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(3):264-268
- [7] Huang Bo. Web-Based Dynamic and Interactive Environmental Visualization[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2003, 27:623-636
- [8] Jones M T. Google's Geospatial Organizing Principle[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2007, 27(4):8-13
- [9] Li Deren. Design Idea and Technical Method of China Spatial Data Framework[J]. The Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1998, 23(4):297-303
- [10] 韩元利. 基于 GIS 的数字铁路选线在工程设计中的应用[J]. 铁道工程学报, 2010(8):29-33
- [11] Han Yuanli, Liu Yiping. WebGIS-Based Railway Alignment Design in Engineering[C]. International Conference on Railway Engineering, Beijing, 2010

第一作者简介:韩元利,高级工程师,博士,主要从事铁路三维数字化设计与智能选线研究。
E-mail:goldenhyl@gmail.com

Application of WMS Data Services to Large-Scale Engineering

HAN Yuanli^{1,2} LIU Yiping¹ WANG Handong² ZHU Qing²

(1 China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., LTD, 745 Heping Road, Wuhan 430063, China)

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

Abstract: Focusing on the civil engineering design, we explore an efficient, integrated engineering design and application prototype system using shared Web Map Service(WMS) data. First, directly targeted on WMS data server, a WMS data acquisition application program is implemented based on WMS public access protocol with efficient parallel multi-threaded network transmission of spatial data tiles, as well as double access mechanism combined local caching with network share strategy. Second, the prototype system achieves WMS remote data localization simulated application and distributed collaborative shared by independent download application program as well as embedded real-time threads. Third, fixing on the application of WMS data in engineering, we explore a series of tools such as coordinates transformation, image merging and CAD file produce, to promote the WMS data easily converted to all kinds of different plane engineering data with high-precision. Finally, We take full advantage of WMS data organizational characteristics and develop an unified global 3D prototype platform to express and integrate various WMS data sources. The experiments show that the techniques and methods we adopted are effective and efficient.

Key words: Web map service(WMS); digital Earth; GIS; WebGIS; engineering design

About the first author: HAN Yuanli, Ph.D, majors in digital railway route design and intelligent route selection.
E-mail: goldenhyl@gmail.com