引文格式：曹斌. 一种WMTS地图服务显示范围动态控制方法[J]. 地理空间信息, 2025, 23(6):57-60. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.06.012

一种WMTS地图服务显示范围动态控制方法

曹　斌[1,2]
（1. 上海市测绘院，上海 200063；2. 自然资源部超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室，上海 200063）

摘　要：WMTS地图服务应用范围广泛，在具体使用过程中按用户授权区域显示是一种常见的需求，也是解决地理信息资源安全共享的重要方式。提出一种基于图片遮罩的WMTS服务显示范围动态控制方法，在服务器端实现了用户权限范围内地图服务的精确展示，有效避免了全数据暴露的风险，并减少了地图加载过程中的性能损耗。实验证明，该方法能够有效提升地理信息资源在分级分类管理中的应用效果，为实现更高效、安全的地理信息资源服务提供了可行的技术路径。

关键词：WMTS地图服务；图片遮罩；显示范围动态控制
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）06-0057-04

Dynamic Control Method for Display Range in WMTS Map Services

CAO Bin[1,2]
(1. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China;
2. Key Laboratory of Spatial-temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, Ministry of Natural Resources, Shanghai 200063, China)

Abstract: WMTS map services are widely applied. It is a common requirement to display according to the user's authorized area during the specific usage process, serving as a pivotal approach to secure and shared geographic information resources. We presented a dynamic control method for the display range of WMTS services based on image masking on the server side, realizing the precise presentation of map services within the scope of user permissions, effectively preventing the exposure of full datasets, and reducing performance overhead during map loading. Empirical evidence demonstrates that this method significantly enhances the application effectiveness of geographical information resources in hierarchical and categorized management, providing a feasible technical pathway for realizing more efficient and secure geographical information services.

Key words: WMTS map service, image masking, dynamic control of display range

地图服务的种类一般包括瓦片地图服务WMTS，动态地图服务WMS，要素地图服务WFS等几种类型[1]，其中WMTS服务类型应用较为广泛，以国家天地图为例，作为政府部门提供地理信息公共服务的重要载体，其提供的地图服务均采用OGC WMTS标准，以服务的方式被不同系统调用[2]，研究如何在面向服务的数字城市地理信息公共服务平台基础上构建应用模式具有重要的理论和实践意义[3]。

数据安全与访问控制是建立地理信息共享平台的关键技术[4]。在地图服务的具体应用中，有一类需求较为常见，对于同一个地图服务，可以分区域进行显示控制，即不同用户仅可查看自己被授权访问的区域。根据标准定义，一个WMTS服务为最小对象，如果要实现上述需求，传统方式需要对每个区域发布对应的WMTS服务，但是对于管理颗粒度非常细致的情况，如精细到街镇级，则需要发布大量服务。以上海市为例，共有16个区、200余个街镇，需要发布200余个服务，这种情况下发布、运维的工作量十分巨大，假如进一步精细化到村（居委）级，则此方式不具备可行性。为满足该需求，需要实现一个地图服务，通过动态控制显示范围，让不同用户看到该服务的不同区域。要实现该方式，一种思路是使用前端技术，在网页端将未授权区域进行透明度、模糊化处理，文献[5]实践中尝试了基于Html5页面CSS不规则遮罩的控制方法，但该方法用户可以获取服务全部数据，安全性不够，同时由于依赖网页前端实现，在地图缩放或加载速度较慢时，会有明显的数据加载痕迹；另一种思路是使用后端技术，在服务器端进行数据过滤。文献[6-8]采用对返回的瓦片实时裁切计算的方式，对于边界复杂的图形，计算量较大，影响地图显示效率；文献[9]采用对ArcGIS Server的bundle切片进行透明化预处理，但是实现方法对并非动态计算，预处理工作量较大，不够灵活。

综合考虑效率、安全、易于工程化等因素，本文

作者简介：曹斌（1985—），硕士生，高级工程师，主要从事地理信息系统开发工作，E-mail：18621660237@163.com。

研究了一种基于图片遮罩的WMTS服务显示范围动态控制方法，经测试取得了良好效果，为地理信息资源分级分类管理提供了技术支撑。

1 方法设计

1.1 WMTS服务工作原理

WMTS（Web map tile service）是由OGC（Open Geospatial Consortium）为解决地图瓦片服务互操作性而制定的一种开放网络服务标准，通过定义一组用于请求和传输地图瓦片的标准操作，从而使客户端可以获取地图瓦片并显示地图。在WMTS中，WMTS对地图进行切片划分，用户可按照所需区域的指定参数来调用数据[10]，地图数据被分割成许多小瓦片，每个瓦片包含了地图的一部分，这些瓦片以多分辨率金字塔层次四叉树模型进行存储，从金字塔的顶层到底层，分辨率越来越高，表示的地理范围按照比例逐级缩小。

当用户请求使用WMTS服务的地图时，将切片地图作为操作的最小单元[11]。客户端根据当前视图的地图中心点、屏幕分辨率、缩放级别等，计算地图范围内涉及的所有瓦片编号，向服务器发送请求，服务器返回对应的瓦片数据，客户端再将瓦片数据拼接成完整的地图。

1.2 设计思路

根据WMTS的工作原理，本方法的总体思路是，针对每一次瓦片请求，在服务器端将显示范围外的地图瓦片图片遮罩的方式进行过滤。具体实现方法是用一个与地图瓦片大小相同、仅允许范围内图像透过的遮罩瓦片蒙在原始地图瓦片上，从而实现过滤效果。为保证遮罩瓦片与地图瓦片的大小、位置对齐，选择与地图服务相同的切片方案制作遮罩瓦片组，每一组遮罩瓦片可以实现对某一特定区域的显示过滤，在切片方案一致的情况下，遮罩瓦片组可以在不同地图服务间通用。

2 关键步骤

2.1 地图瓦片覆盖范围计算

当地图服务切片方案确定后，每一级地图瓦片的覆盖范围也相应确定，遮罩瓦片生成需要通过地图瓦片范围与显示范围间的空间关系判断获得，因此需要首先确定每个地图瓦片的覆盖范围。

以某级地图瓦片为例，其行号为 row_{no}，列号为 col_{no}，分辨率为 resolution，地图瓦片的覆盖范围计算方法如下。

$$x_{\max} = -\mathrm{origin}_x + \mathrm{row}_{no} \times \mathrm{tilesize} \times \mathrm{resolution}$$
$$y_{\max} = \mathrm{origin}_y - \mathrm{col}_{no} \times \mathrm{tilesize} \times \mathrm{resolution}$$
$$x_{\min} = -\mathrm{origin}_x + (\mathrm{row}_{no} + 1) \times \mathrm{tilesize} \times \mathrm{resolution}$$
$$y_{\min} = \mathrm{origin}_y - (\mathrm{col}_{no} + 1) \times \mathrm{tilesize} \times \mathrm{resolution} \quad (1)$$

2.2 遮罩瓦片生成

每个地图瓦片覆盖范围与显示范围的相互关系有相交、包含、相离3种，如图1所示。当相交时，遮罩瓦片需要实现将显示范围内的地图瓦片图像保留，让显示范围外使用区域透明，因此遮罩瓦片生成时，在显示范围外的部分，使用透明填充，显示范围内使用纯色填充；当地图瓦片包含在显示范围内时，直接返回地图瓦片图像；当相离时，地图瓦片被全部过滤，返回透明图像。但有一种特殊情况，即在比例尺较小时，显示范围会出现包含在地图瓦片范围中的情况，该情况可按照相交模式处理。由此可见，本方法重点需要处理的情况为地图瓦片与显示范围相交，而对相离、包含2种情况，不需要进行图形运算，故该方法具有较高的运行效率。

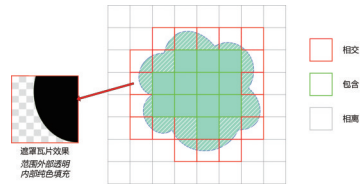


图1 地图瓦片覆盖范围和显示范围的关系

在实际生产环境中，为实现遮罩瓦片的快速检索，将数据存储在关系型数据库中，数据表核心字段包括瓦片编号（tile_id）、范围编号（region_id）、关系类型（relation_type）、遮罩瓦片图片文件（img_blob）。其中，瓦片编号由级别、行号、列号计算获得，瓦片编号和范围编号组成联合主键，便于快速检索；关系类型表示瓦片和显示范围的相互关系，具体为当相交时存储遮罩瓦片的二进制图像，相离、包含2种情况不进行存储。

2.3 地图瓦片的图像计算

当WMTS地图服务开启显示范围控制后，对于某个位置的地图切片，首先根据瓦片编号和范围编号，从数据库中检索对应的遮罩瓦片。如不存在，则返回透明图片；如存在且为关系类型为包含，则返回原始地图瓦片；如存在且为相交，则将遮罩瓦片与地图瓦片进行图像叠加计算，再将结果图像返回。

2.4 多个范围控制的情况

当遇到需要2个或2个以上显示范围的情况时，检索遮罩瓦片需将多个范围编号并集作为检索瓦片的条件，当某个瓦片编号取到多于1个遮罩瓦片时，将遮罩瓦片进行合并，合并规则是以“透明”为条件进行运算，如图2所示。合并遮罩瓦片后，剩余流程与单个范围控制方法相同。

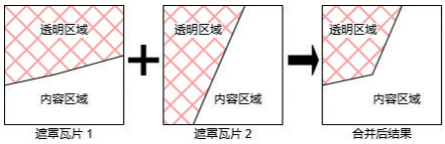


图2　遮罩瓦片合并示意图

2.5　方法如何应用

一次完整的地图切片请求流程如图3所示，该方法在整个流程中的介入点主要分2种情况。情况1是在地图服务器端实现，地图切片服务器的核心方法是根据切片的级别、行号、列号，索引出对应的切片文件并返回，因此可将图像计算操作嵌入该方法中，再将结果图像返回；情况2是在使用成熟GIS软件（如ArcGIS Server、GeoServer）等发布WMTS服务，或从第三方拿到的WMTS服务，该情况可以在服务代理转发时，根据请求参数，将请求体的数据流还原成地图瓦片文件，再执行图像计算操作，最后将结果图像返回。

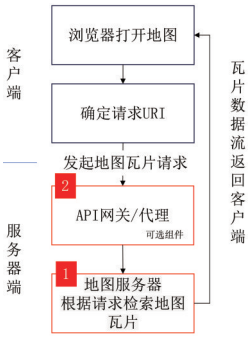


图3　地图瓦片请求流程

3　实验与分析

本文采用2.4节中描述的方式1进行实验和结果分析，实验硬件环境为CPU为i9-13900HX，32 GB内存计算机；软件环境为Ubuntu22.04.1，Python 3.9，OpenResty1.21.4。

3.1　遮罩瓦片生成实验

使用Python编写遮罩瓦片生成程序，其中图像处理使用PIL库，空间运算使用shapely库，矢量数据操作使用GeoPandas库。计算程序首先载入显示范围并计算其外包矩形，接着根据外包矩形范围，依次遍历所有的显示级别，在每一级按照从左上角到右下角逐行计算每个瓦片矩形范围与显示范围的空间关系，如相离则丢弃；如包含或相交，则将记录写入数据库，其中相交时，额外将生成的遮罩瓦片以二进制文件方式写入数据库。针对每个瓦片计算都相对独立，因此程序使用多线程模式提高生成效率。

选择上海市各区行政边界为实验数据，上海市共16个区，采用国家天地图分级，生成0~19级遮罩瓦片，生成共费时2 543 s，生成后数据库文件大小为267.31 MB，共1 628 613条记录，其中相交瓦片67 897条记录，包含瓦片1 560 716条记录，如表1所示。

表1　行政区划生成瓦片数量统计

行政区	瓦片总数量	相交	包含
浦东新区	347 419	9 369	338 050
崇明区	339 060	11 526	327 534
奉贤区	165 278	4 416	160 862
青浦区	156 223	7 385	148 838
金山区	142 494	6 625	135 869
松江区	141 034	6 079	134 955
嘉定区	108 130	4 911	103 219
闵行区	88 072	5 747	82 325
宝山区	70 751	3 713	67 038
杨浦区	14 400	1 125	13 275
普陀区	13 532	1 662	11 870
徐汇区	13 253	1 391	11 862
长宁区	9 103	1 177	7 926
静安区	9 038	1 271	7 767
虹口区	5 778	810	4 968
黄浦区	5 048	690	4 358

3.2　地图瓦片图像计算实验

使用ImageMagick库进行图像计算，当判断某个地图瓦片有相交的遮罩瓦片时，首先载入地图切片和遮罩切片，以地图切片为源图像，遮罩切片为目标图像，执行透明度拷贝操作，该操作将源图像的透明度（Alpha值）复制到目标图像的透明度，具体指令为CopyOpacityCompositeOp。



a 地图瓦片　　b 遮罩瓦片　　c 计算结果

图4　地图瓦片遮罩计算实验结果

以第19级编号为19262088262087的切片为例，进行图像计算如图4所示。计算前地图瓦片大小为5.68 KB，计算后大小为5.98 KB，增加了5%。选择100个切片进行批量测试，地图瓦片前后大小变化率均小于10%。

3.3　显示范围整体测试实验

使用Openresty作为Web服务器，利用Openresty的Lua扩展进行地图瓦片服务器开发，以上海市作为测试总范围，对各区进行显示范围动态控制，实现效果如图5所示。

以第19级地图切片为例，选择中心城区普陀区和郊区松江区、崇明区进行访问速度测试，对比增加显示范围前后服务响应速度，如表2所示。可以看到，增加范围控制后，平均响应时间增加了约116%。



a 上海市域范围显示　b 普陀区　c 青浦区　d崇明区

图5 显示范围动态测试

审图号：沪S(2024)027号

表2 显示范围控制性能测试结果

区划	瓦片数量	范围控制	平均响应时间/ms
普陀区	9 936	否	6
		是	13
青浦区	116 322	否	6
		是	12
崇明区	252 887	否	5
		是	12

4 结 语

随着数字中国建设和数字经济发展，将对测绘地理信息数据资源提出更高要求，提供安全、高效的地理信息服务，对于释放地理信息数据价值极为重要。WMTS瓦片类地图服务是地图服务前后端交互的重要形式。本文对应用较为广泛的WMTS地图服务，针对服务分类分级管理过程中范围控制显示这一常见需求，通过增加遮罩瓦片组进行了高效实现，且易于管理，对既有地理信息数据资源体系影响较小，同时，本文提出的基于遮罩瓦片的数据范围控制方法，适用于数据交换格式为栅格瓦片的所有地图服务，为地图服务分类分级管理提供了一种技术支撑，方法易于推广到具体项目和生产中。

参考文献

[1] 王文杰,申传庆,张哲,等. 基于矢量瓦片的电子地图显示范围控制方法[J]. 地理空间信息,2023,21(12):125-127

[2] 万宝林,雷丽珍. 基于WMTS服务的电子地图快速更新体系的研究与实践[J]. 测绘与空间地理信息,2018,40(1):109-112

[3] 曾元武,陈泽鹏,钟远军,等. 数字城市地理信息公共平台应用模式研究[J]. 测绘通报,2013(3):36-39

[4] 宋宜全,杨荔阳. 地理信息服务的数据安全机制研究[J]. 地理与地理信息科学,2009,25(6):13-16

[5] 刘畅,邵楠. 电子地图显示范围控制的方法探讨[J]. 城市勘测,2021(4):54-56

[6] 陈思,高山. 地图服务引擎中虚拟电子围栏的实现方法[J]. 地理空间信息,2020,18(1):145-149

[7] 赵伟,吴金娜. 基于种子填充算法的ArcGIS Server服务定制显示[J]. 城市勘测,2020(4):50-53

[8] 程朴,简城峰,黄涛,等. 时空地图数据服务的多级权限与服务转发控制技术[J]. 信息技术与信息化,2022,46(10):39-42

[9] 冯推亮,熊小青,王春晓. 要素级地图服务权限控制策略与技术研究[J]. 地理空间信息,2021,19(9):119-122

[10] 周鑫,刘军旗,李国策,等. 基于WMTS的地质资料查询系统设计与实现[J]. 地理空间信息,2020,18(11):60-62

[11] 苏焕焕,沈夏炯,赵亚萌,等. 基于OWGA缓存的海量遥感瓦片数据发布[J]. 地理空间信息,2017,15(5):67-70

(上接第12页)

测[J]. 遥感学报,2021,25(1):332-341

[5] 郭绍琨,董杰,张路,等.海量InSAR点云在线可视化与解译平台[J]. 遥感学报,2023,27(7):1 744-1 753

[6] 葛大庆,张玲,王艳,等.上海地铁10号线建设与运营过程中地面沉降效应的高分辨率InSAR监测及分析[J]. 上海国土资源,2014,35(4):62-67

[7] 秦晓琼,杨梦诗,廖明生,等. 应用PSInSAR技术分析上海道路网沉降时空特性[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2017,42(2):170-177

[8] 李振洪,宋闯,余琛,等. 卫星雷达遥感在滑坡灾害探测和监测中的应用:挑战与对策[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2019,44(7):967-979

[9] 戴可人,铁永波,许强,等.高山峡谷区滑坡灾害隐患InSAR早期识别:以雅砻江中段为例[J].雷达学报,2020,9(3):554-568

[10] 杨梦诗,廖明生,常玲,等.城市场景时序InSAR形变解译:问题分析与研究进展[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2023,48(10):1 643-1 660

[11] Kropatsch W G, Strobl D. The Generation of SAR Layover and a Shadow Maps from Digital Elevation Models[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990,28(1):98-107

[12] Francesca C, Luke B, Colm J, et al.Nationwide Monitoring of Geohazards in Great Britain with InSAR: Feasibility Mapping Based on ERS-1/2 and ENVISAT Imagery[C]// 2013 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium-IGARSS,2013

[13] 高瑜,张华,杨洋.云南省景洪市地质灾害分布规律及防治建议[J]. 云南地质,2020,39(4):527-534

[14] 田鹏.把边江断裂带构造活动特征及流域盆地地貌响应[C]// 2022年中国地球科学联合学术年会,2022

[15] 张培震,邓起东,张国民,等. 中国大陆的强震活动与活动地块[J]. 中国科学(D辑),2003,33(增刊):12-20

[16] 解明恩,程建刚,范菠. 云南气象灾害的时空分布规律[J]. 自然灾害学报,2004,13(5):40-47