

瓦片数据版权保护方法及应用研究

任娜¹, 朱长青¹, 任树敬²

(1. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046;
2. 西安测绘总站, 西安 710054)

摘要: 随着“天地图”等网站的建设与不断发展, 地理信息资源的共建共享得到了积极推动。然而, 网络环境下瓦片数据非法下载、违法使用等安全问题日益严重和突出, 如何保护网络环境下瓦片数据版权是当前迫切需要解决的问题。为了节省存储空间, 海量瓦片数据存储方式往往采用索引机制, 这种存储机制与常见的图像、栅格地图等数据对水印技术的要求不同。本文首先着重分析了采用索引机制存储的瓦片数据特征及其对水印技术的要求; 在水印信息生成方面, 采用了 m 序列生成无意义水印信息, 而在水印嵌入方面, 提出了映射机制的瓦片数据数字水印嵌入算法, 采用红色和绿色通道生成的映射函数, 将水印信息嵌入到蓝色通道中, 其中水印检测为水印嵌入的逆过程; 最后, 实现了水印技术的瓦片数据实时版权保护系统, 并通过了实例验证。

关键词: 瓦片数据; 索引机制; 水印技术; 版权保护

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00693

1 引言

随着网络技术的发展, 地理数据的应用更加广泛, 许多网站如百度、谷歌等都提供电子地图服务, 特别是以 Google Earth 为代表的地理数据发布软件的大众化, 极大地推动了地理信息产业的发展。我国也在大力发展网络地理信息服务, 国家测绘地理信息局联合全国各省市研发了“天地图”网站, 实现了测绘地理信息部门从离线提供地图和数据到在线提供信息服务这一服务方式的根本性改变^[1]。天地图可为个人和企业用户提供最权威的基于空间位置的综合信息服务^[2], 这意味着测绘地理信息行业走向了更广泛的地理信息公众服务, 为拓宽服务空间、促进产业大发展带来机遇。

网络环境下地理数据, 通常是以切片的形式存放于服务端, 这种瓦片储存方式的数据存在一个致命弱点, 即十分易于下载, 以致目前瓦片地理数据非法下载、非法使用、非法谋利等安全问题日益严重和突出, 严重危害了数据拥有者的权益, 扰乱了地理信息产业的正常发展。如何保护网络环境下瓦片地理数据版权、化解瓦片地理数据共享、应用

和瓦片地理数据安全之间的矛盾是目前亟待解决的问题。数字水印技术能够为数据版权保护、追踪数据行踪、检查非法数据来源等提供可靠的技术手段^[3-8]。

本文针对瓦片数据的特征, 采用数字水印技术, 在文献[9]的映射机制基础上提出了一种改进的瓦片数据水印算法。针对瓦片数据量大的特征, 引入了并行计算方法, 进而实现了瓦片数据的实时水印嵌入, 并给出了水印技术的瓦片数据版权保护应用实例。

2 瓦片数据的特征分析

瓦片数据是指将固定范围的某一比例尺下的地图按照指定的尺寸(通常为 128×128 像元或 256×256 像元)切成若干行与列的正方形栅格图片, 每个栅格就是一张瓦片^[10]。

瓦片数据与栅格地图等具有相同的表现形式, 为了节省海量瓦片数据的存储, 数据存储方式往往采用索引机制, 即采用调色板的存储方式。对于索引图像来说, 图像文件的数据内容中存储的是颜色

收稿日期: 2012-11-01; **修回日期:** 2012-11-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071245); 国家社科基金重大项目(11&ZD162); 江苏省高校自然科学基金项目(12KJB420002); 江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介: 任娜(1981-), 女, 博士, 讲师, 主要研究方向是空间数据安全。E-mail: renna1026@163.com

索引值,这些颜色本身差别非常大,而且颜色数据量少,失去了在空间位置上的相关性。

索引机制的数据采用图像颜色表,采用索引机制的瓦片数据数字水印具有不同于灰度或真彩色影像的独特之处在于:(1)打开文件时构成具体颜色的索引值被读入,然后根据索引值在颜色表中找到具体的颜色从而完成显示。(2)瓦片数据在不同级别下,每一片所蕴含的信息量本身比栅格地图数据少,且索引所用到的颜色数目非常有限,这使得在索引机制存储的数据中隐藏信息非常困难。(3)索引表中的值的排列顺序不会影响瓦片数据的显示,即不存在空间位置的相关性。(4)索引表中值的轻微改变,不会影响瓦片数据的显示和分析。

目前,大多数的数字栅格地图水印均建立在灰度或是真彩色地图上,而对于索引机制的地图水印算法研究却非常少^[11-14]。对于索引图像水印,现有的方法是先将索引图像转换到真彩色图像,再用真彩色图像的水印算法进行处理^[15]。由以上分析可知,基于频域的水印嵌入方法对其并不适用,本文将在文献[9]的基础上,采用空域的以映射机制的水印算法实现瓦片数据版权保护。

3 基于水印技术的瓦片数据版权保护方法

(1) 水印信息生成

基于水印技术的瓦片数据的版权保护方法主要涉及到数据的版权归属问题,因而在设计水印信息时,应考虑将版权信息映射为无意义水印信息的方式进行表达。

m 序列的理论相对成熟,且输出的状态是由初始状态和反馈逻辑直接决定的,其作为水印信息具有唯一性、均衡性和良好的自相关性。故本文采用二值的 m 序列生成水印信息。

利用 m 序列生成的二值序列作为嵌入的无意义水印信息,将有意义的版权信息与 m 序列生成的二值序列进行一一对应,建立二者的对应关系。在进行水印检测时,计算检测出的水印信息与由 m 序列生成的二值序列之间的相关系数,相关系数高于设定的阈值时,根据水印种子与版权信息之间的一一对应关系,提取出瓦片数据的版权信息。

(2) 基于映射机制的瓦片数据水印算法

文献[9]提出了一种基于映射机制的遥感影像

数字水印算法,该算法通过建立影像数据与水印信息的映射函数,并对映射变量进行扩展,确定了水印信息的嵌入位置。然而,采用索引机制存储的瓦片数据,其颜色表的值不表示具体颜色亮度值,而是颜色表入口地址。在这种模式下,颜色表中的值不再存在空间位置的相关性,因此,直接采用文献[9]构建映射函数已无法实现。

考虑到 3 个颜色值之间存在着依附关系,且 3 个颜色值用来表示一个点的信息量。因此,将映射函数的两个变量设计为 3 个颜色值 RGB 的其中两个(红色: R ;绿色: G ;蓝色: B)。将 RGB 模式转换成 $NTSC$ 制式后,图像数据是由 3 分组成的:亮度(Y)、色调(I)和饱和度(Q)。 Y 是灰度信息, I 和 Q 是彩色信息。计算公式为:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

由以上公式可以看出, RGB 3 个通道对 $NTSC$ 制式的灰度信息 Y 的影响中,绿色通道影响最大,蓝色通道影响最小。

由此可见,对于 B 通道的修改,只会引起灰度信息 Y 的最大变化量为 29.07。因此,本文将彩色通道的 R 和 G 作为映射变量,与水印信息建立映射函数 $f(R,G)=I_w$ 。

因此,基于索引机制的瓦片数据水印嵌入模型可采用如下方式建立:

设索引机制的瓦片 R 通道的数据集为 $R = \{R_{ij}, 0 \leq i < M, 0 \leq j < M\}$, G 通道的数据集为 $G = \{G_{ij}, 0 \leq i < M, 0 \leq j < M\}$,其长度均为 $M \times M$;水印信息序列为 $W = \{\omega_i, 0 \leq i < L\}$,其长度为 L 。将水印信息嵌入到 B 通道的数据集上,水印嵌入后 B 通道的数据集为 B^w ,嵌入规则如下:

$$B^w = B \oplus W = \begin{cases} B_{ij}^w = b_{ij} \oplus (f(R_{ij}, G_{ij}) * \delta * \omega_{f(R_{ij}, G_{ij})}), \\ g(b_{ij}) = TRUE \\ B_{ij}^w = b_{ij}, \\ g(b_{ij}) = FALSE \end{cases}$$

其中, \oplus 表示水印嵌入规则,函数 $f(R,G)$ 表示瓦片数据与水印信息之间的映射关系, $\omega_{f(R,G)}$ 表示通过映射函数得出的对应水印信息, δ 表示瓦片数据 b_{ij} 处的水印嵌入强度, $g(b_{ij})$ 表示瓦片数据 b_{ij} 能否进行水印嵌入,其中, $TRUE$ 表示可以进行水印嵌入,否则不进行水印嵌入操作。

水印检测为嵌入的逆过程,通过映射关系将提取出来的水印信息与原始水印信息进行相关系数比较,与文献[9]的计算过程相同,此处不再赘述。

4 瓦片数据版权保护系统设计与实现

基于以上的原理,作者设计了水印技术的瓦片数据版权保护系统。其不仅可满足算法的鲁棒性,还能满足实时性要求。

瓦片数据挪动非常耗时,因而在进行水印信息嵌入时,不再进行文件的挪动,直接在源瓦片数据进行水印嵌入。瓦片数据采用金字塔形式进行切分,其数据量巨大,因而对提出的水印算法的效率要求极高,本文在进行系统设计的时候引入了并行计算的方法,通过线程的并行操作提高算法的效率。

(1)支持的数据格式

瓦片数据主要有两种数据格式,即:PNG 格式和 JPG 格式。本文所涉及的系统可以实现两种数据类型单独和两种相混合的批量嵌入与检测操作。

(2)不可见性

图 1 为原始的瓦片数据,图 2 为嵌入了版权信息的含水印瓦片数据,从主观视觉上,很难看出二者的区别,因而算法的不可见性比较好。

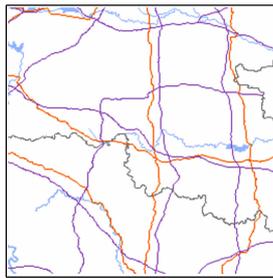


图 1 原始瓦片数据
Fig. 1 Original tile map

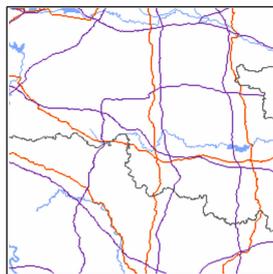


图 2 含水印瓦片数据
Fig. 2 Watermarked tile map

(3)鲁棒性

对嵌入水印后的瓦片数据进行了剪切、旋转、拼接、加噪处理,此处的剪切攻击是任意位置和任意尺寸剪切,拼接也指的是任意的拼接,其包含了嵌入同一份水印后的 2 个瓦片的拼接,也包含了嵌入水印后瓦片与未嵌入水印后瓦片的拼接。

实验结果表明,经过这些攻击后,水印信息仍然可以正确提取。由此可见,本文提出的算法具有较好的鲁棒性。

(4)嵌入检测效率

为了测试本系统的效率,采用的测试用电脑配置为:CPU 为 Intel(R)Core(TM) i5 3.10GHz; 内存为 4G,32 位操作系统。

嵌入和检测的文件量和效率如表 1 所示。

表 1 水印系统测试结果
Tab. 1 Test result of the watermark system

数据格式	文件大小 (M)	嵌入后文件大小(M)	瓦片数	嵌入耗时	检测耗时
PNG	175	176	23952	7'01"	3'10"
JPG	379	380	20262	7'20"	3'38"

从表 1 可以看出,嵌入前后两种数据格式的数据量几乎没有变化;PNG 格式的数据的嵌入效率可以达到 3421 片/分,检测效率可达到 7555 片/分;JPG 格式的数据的嵌入效率可以达到的 2775 片/分,检测效率可达到 5581 片/分。由此可见,两种格式的效率都很高,可以满足实时性要求。在实际系统设计的时候,并不需要每一片都进行水印嵌入,可以考虑每隔几片进行一次水印嵌入,从而系统效率可以得到更大的提高。

5 结论

本文提出的以改进映射机制的瓦片数据数字水印算法,在深入分析索引机制的瓦片数据特征及其对水印算法的要求基础上,结合实际需求,实现了适用于瓦片数据的版权保护系统。实验表明,本文算法具有强鲁棒性、高效性和高可靠性,能够满足网络环境下瓦片数据的版权保护需求。目前,该系统已在“天地图”主节点及“天地图”江苏、吉林、河南、甘肃等得到应用,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 李志刚, 蒋捷, 翟永, 等. 面向分布式服务聚合的“天地图”总体技术架构[J]. 测绘地理信息, 2012, 37(5): 13 - 15.
- [2] 李京伟. 关于“天地图”合作建设与商业运营模式的思考[J]. 地理信息世界, 2011, 8(4): 33 - 34.
- [3] 朱长青, 杨成松, 任娜. 论数字水印技术在地理空间数据安全中的应用[J]. 测绘通报, 2010(10): 1 - 3.
- [4] Li S S, Zhou W, Li A B. Image watermark similarity calculation of GIS vector data original research article [J]. Procedia Engineering, 2012(29): 1331 - 1337.
- [5] Eggers J J, Girod B. Quantization effects on digital watermarks[J]. Signal Processing, 2001, 81(2): 239 - 263.
- [6] Chang C C, Lin P Y. Adaptive watermark mechanism for rightful ownership protection[J]. Journal of Systems and Software, 2008, 81(7): 1118 - 1129.
- [7] Kbaier I, Belhadj Z. A novel content preserving watermarking scheme for multipectral images[J]. Information and Communication Technologies, 2006, 16(2): 243 - 247.
- [8] Kim J Y, Won S M, *et al.* Copyright protection of vector map using digital watermarking in the spatial domain [C]. // 2011 7th International Conference on Digital Content [J]. Multimedia Technology and Its Applications (IDCTA), 2011, 154 - 159.
- [9] 任娜, 朱长青, 王志伟. 基于映射机制的遥感影像盲水印算法[J]. 测绘学报, 2011, 40(5): 623 - 627.
- [10] 殷福忠, 孙立民. 基于瓦片金字塔技术的地图发布平台开发研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(5): 16 - 17.
- [11] 王勋, 朱夏君, 鲍虎军. 一种互补的数字栅格地图水印算法[J]. 浙江大学学报(工学版), 2006, 40(6): 1056 - 1059.
- [12] 符浩军, 朱长青. 基于小波变换的数字栅格地图复合式水印算法[J]. 测绘学报, 2011, 40(3): 397 - 400.
- [13] 朱长青, 符浩军, 杨成松, 等. 基于整数小波变换的数字栅格地图数字水印算法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2009, 34(5): 619 - 621.
- [14] 胡云, 伍宏涛, 张涵钰, 等. 大容量索引图像水印方案的设计与实现[J]. 北京邮电大学学报, 2005, 28(1): 26 - 29.
- [15] 王丽娜, 董晓梅, 梅哲, 等. 图像及声音的数字水印嵌入研究与实现[J]. 东北大学学报, 2002, 23(3): 217 - 220.

Research on Methods and Applications of Copyright Protection for Tile Data

REN Na¹, ZHU Changqing¹ and REN Shujing²

(1. Key Laboratory of Virtual Geographical Environment, Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 2. Xi'an Division of Surveying and Mapping, Xi'an 710054, China)

Abstract: With the construction and development of the sites such as the national "MapWorld" recently attracted a growing interest from the scientific and industrial communities, and mainly due to the large number of possible applications capable to provide map service, a crucial issue is arising when dealing with tile map web service publication in copyright protection. According to the need of having a confident and secure communication of tile map in the network environment, a novel mapping mechanism based on watermarking algorithm for tile map is presented here, in such a way that the invisible and robust watermark could be embedded effectively. In the network environment, the geographic data is usually stored in the form of tiles at service terminals, while indexing mechanism is often used as the storage method in order to save the huge amount of tile map. However, the tile map stored by indexing mechanism has different watermarking technology requirements with the common image and raster map data. So, the characteristics and requirements of watermarking technology of tile map stored by the indexing mechanism are firstly analyzed in this paper, which help to apply the watermark embedding and detecting. Then, the meaningless watermark information is generated by m sequence in the process of watermark generating. On this basis, the watermark algorithm based on mapping mechanism for tile map is presented. The watermark information is embedded into the blue channel using the mapping function generated by the red and green

channels. The process of watermark detecting is the inverse process of watermark embedding. Finally, the real-time copyright protection system for tile map is implemented and verified experimentally. By experiments, it has been confirmed that the proposed watermark algorithm is robust to cutting, splicing, and additive noise. Besides, the embedding has little effect on the size of original tile map.

Key words: tile data; indexing mechanism; watermark; copyright protection

(上接第 692 页)

machine classifier is more than 95%. So, they can fully meet the needs of crowd monitoring. (3) We can get the crowd movement pattern and the main movement direction by the analysis of crowd movement vector field in GIS. Also, we can obtain the speed of the crowd in different directions. These crowd characters all can be expressed in GIS. (4) The system we developed for the crowd monitoring can be applied to crowd management and emergency warning. It can provide decision making basis for emergencies prevention and crowd divert.

Key words: video-GIS; crowd status monitoring; spatial-temporal pattern; perception; real-time monitoring