



(21) 申请号 201410376063. 7

(22) 申请日 2014. 08. 02

(71) 申请人 兰州交通大学

地址 730070 甘肃省兰州市安宁西路 88 号
兰州交通大学 708 信箱

(72) 发明人 闫浩文 张黎明 张永忠 齐建勋
张立峰

(51) Int. Cl.

G06T 1/00(2006. 01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

空域和频域相结合的矢量空间数据多重盲水印方法

(57) 摘要

数字水印被认为是一种有效的数字地图版权保护方法。如果在某一方面鲁棒性不高的水印,就会导致水印被破坏或删除,那么数据将失去保护。目前,就矢量空间数据水印而言,根据水印的嵌入位置,矢量空间数据水印算法可以分为:空域水印算法和频域水印算法。但是,这些水印算法大多采用单一水印技术,每一种水印技术都是基于一种算法程序来实现。矢量空间数据采用单一的一种数字水印技术,往往不能抵抗多种不同类型的攻击。针对单一水印算法难以抵抗多种水印攻击的问题,本发明构建了一种新的“空域和频域相结合的矢量空间数据多重盲水印方法”该算法通过混沌置乱水印图像,建立水印与载体数据之间的 Hash 单向映射函数,使用两种不同的嵌入方法,先后嵌入水印到空域和 DFT 域。水印被多次嵌入,实现了水印的盲提取。

1. 空域和频域相结合的矢量空间数据多重盲水印方法,其特征包括以下步骤:首先应用空域算法加入水印 1,然后在含水印数据中应用 DFT 域算法加入水印 2。

2. 空域水印嵌入算法:本算法以矢量图形对象为单位嵌入水印 1;步骤如下,第一步,读取矢量地理空间数据,提取坐标点的 X, Y 值,提取空间数据坐标值中高位有效位部分,记为 i_x, i_y ;第二步,计算 $\text{Hash}(i_x)$ 和 $\text{Hash}(i_y)$ 的值 i , $\text{Hash}()$ 函数为坐标点与水印比特之间的哈希映射函数;第三步,提取该坐标点需要嵌入的水印位 $w[i]$ ($1 \leq i \leq M$);第四步,通过 QIM 方法,在坐标点中嵌入水印,取量化值 $R=100$,以 X 坐标为例,依次对该对象所有坐标点 x, y 嵌入水印。

3. DFT 域水印嵌入算法:在空域水印嵌入完成后,以含水印 1 的空间数据为载体,同样以矢量图形对象为单位,再次嵌入水印 2;步骤如下:第一步,读取空间数据坐标点,产生复数序列 $\{a_k\}$;第二步,对序列 $\{a_k\}$ 进行 DFT 变换,变换后的 DFT 系数 $\{a_1\}$,该序列包括幅度系数 $\{|A_1|\}$ 和相位系数 $\{\angle A_1\}$;第三步,应用 QIM 量化方法,水印嵌入到幅度系数 $\{|A_1|\}$ 和相位系数 $\{\angle A_1\}$,计算得出嵌入水印后的系数 A_1 ,对 $\{A_1\}$ 进行离散傅里叶逆变换,得到嵌入水印后的复数序列 $\{a'_k\}$;第四步,根据序列 $\{a'_k\}$ 修改相应顶点坐标,得到嵌入水印后的矢量数据,输出保存含水印矢量空间数据。

4. 空域水印提取过程如下:首先,提取空间数据坐标值;然后计算出水印的位置,用 QIM 量化方法提取水印位;再次,对提取到的一维水印序列,进行升维处理并反置乱,得到最终水印图像。

5. DFT 域水印提取过程如下:采用嵌入水印时的量化值 R ,计算出系数所在的量化区间,各自提取出幅度系数水印和相位系数水印;对提取到的两个一维水印序列,变换为二维图像并反置乱,得到最终水印图像。

空域和频域相结合的矢量空间数据多重盲水印方法

技术领域

[0001] 本发明属于地图学与地理信息科学技术领域,是一种空域和变换域结合的矢量地理空间数据盲水印算法。

背景技术

[0002] 矢量地理空间数据是国家重要的战略性信息资源,是经济、军事、国防建设和社会发展的基础数据,获取通常要借助于昂贵的专业设备和花费大量的人力、物力,所以,其版权保护至关重要。矢量地理空间数据以数字化的形式保存,在方便数据拷贝和传播的同时,也使盗版变得极其容易。目前,迫切需要可靠的技术保障地理空间数据的安全,数字水印被认为是一种有效的数字地图版权保护方法。

[0003] 根据水印的嵌入位置,矢量空间数据水印算法可以分为:空域水印算法和频域水印算法。空域水印是直接在空间数据上嵌入水印,具有水印容量大、算法简单、不可见性好等特点;频域水印算法是首先从空间数据中选取顶点坐标,并按一定的规则进行组织,然后进行某种数学变换,将水印嵌入到它们的变换系数中,最后再经反变换输出含水印信息的载体数据。一般而言,频域算法鲁棒性较好,是目前研究的重点。

[0004] 但是,这些水印算法大多采用单一水印技术,每一种水印技术都是基于一种算法程序来实现。矢量空间数据采用单一的一种数字水印技术,往往不能抵抗多种不同类型的攻击。目前为止,没有哪一种水印技术可以抵抗所有的水印攻击。如果在某一方面鲁棒性不高的水印,就会导致水印被破坏或删除,那么数据将失去保护。因此,基于多种水印方法的组合,采取不同的水印技术手段,取长补短,进行有效的组合,来防范不同的水印攻击,是行之有效的数字水印研究方向之一。

发明内容

[0005] 针对上述情况,本发明提出“空域和频域相结合的矢量空间数据多重盲水印方法”。多重水印是指在同一个载体中以多种方式嵌入多个水印的技术,它将多个水印标识通过多种方式嵌入到载体中,从不同方面提高了水印的鲁棒性和安全性。

[0006] 本发明方法包括:空域水印嵌入算法、DFT 域水印嵌入算法和水印提取算法。

[0007] 整个多重水印嵌入流程如图 1 所示。算法中嵌入两个不同的水印图像如图 2。为了消除水印图像像素之间的相关性,同时增强水印的安全性,水印图像在嵌入之前,应用 Logistic 混沌算法置乱。混沌变换的初始值可以作为水印信息提取的密钥。

[0008] 空域水印嵌入算法:本算法以矢量图形对象为单位嵌入水印 1。步骤如下,第一步,读取矢量地理空间数据,提取坐标点的 X, Y 值,提取空间数据坐标值中高位有效位部分,记为 i_x, i_y ;第二步,计算 $\text{Hash}(i_x)$ 和 $\text{Hash}(i_y)$ 的值 i , $\text{Hash}()$ 函数为坐标点与水印比特之间的哈希映射函数;第三步,提取该坐标点需要嵌入的水印位 $w[i]$ ($1 \leq i \leq M$);第四步,通过 QIM 方法,在坐标点中嵌入水印,取量化值 $R=100$,以 X 坐标为例,依

次对该对象所有坐标点 x 、 y 嵌入水印。

[0009] DFT 域水印嵌入算法：在空域水印嵌入完成后，以含水印 1 的空间数据为载体，同样以矢量图形对象为单位，再次嵌入水印 2。步骤如下：第一步，读取空间数据坐标点，产生复数序列 $\{a_k\}$ ；第二步，对序列 $\{a_k\}$ 进行 DFT 变换，变换后的 DFT 系数 $\{a_1\}$ ，该序列包括幅度系数 $\{|A_1|\}$ 和相位系数 $\{\angle A_1\}$ ；第三步，应用 QIM 量化方法，水印嵌入到幅度系数 $\{|A_1|\}$ 和相位系数 $\{\angle A_1\}$ ，计算得出嵌入水印后的系数 A_1 。对 $\{A_1\}$ 进行离散傅里叶逆变换，得到嵌入水印后的复数序列 $\{a'_k\}$ ；第四步，根据序列 $\{a'_k\}$ 修改相应顶点坐标，得到嵌入水印后的矢量数据。输出保存含水印矢量空间数据。

[0010] 水印提取是水印嵌入的逆过程。由于采用不同的算法嵌入了不同的水印，因此两个水印应分别提取。

[0011] 空域水印提取过程如下：

首先，提取空间数据坐标值；然后计算出水印的位置，用 QIM 量化方法提取水印位；再次，对提取到的一维水印序列，进行升维处理并反置乱，得到最终水印图像。

[0012] DFT 域水印提取过程如下：

采用嵌入水印时的量化值 R ，计算出 DFT 变换系数所在的量化区间，各自提取出幅度系数水印和相位系数水印；对提取到的两个一维水印序列，变换为二维图像并反置乱，得到最终水印图像。

[0013] 本发明方法先进、科学，克服了单重水印抗攻击能力弱的缺点，提高了水印的整体抗攻击能力。空域水印对顶点增加、压缩、顶点修改、噪声等攻击优势明显；DFT 域水印具有很好的抵抗几何攻击的能力。同时两种算法对裁剪、要素删除、乱序、数据格式转换抗攻击能力强。试验分析表明，该算法具有很好的不可见性，水印嵌入误差小。两种水印都采用盲水印，具有很好的实用性。

附图说明

[0014] 图 1 是多重水印嵌入流程图

图 2(a) 是水印 1

图 2(b) 是水印 2

图 2(c) 是置乱后水印 1

图 3(a) 是嵌入水印前后叠加对比图

图 3(b) 是叠加后局部放大图

表 1 是均方根误差和最大误差统计表

数据点数	最大误差	均方根误差	误差小于 $6E-4$
20292	$8.8616E-4$	$5.0154E-4$	占 75%

表 2 是增、删点及裁剪攻击的鲁棒性






攻击类型	增点 54272	修改 10% 点	修改 50% 点	裁剪剩 1/2	裁剪剩 1/4
水印					
NC	0.99	1	0.99	1 1	0.979 0.984

表 3 是压缩、要素删除攻击的鲁棒性





攻击类型	压缩至 9239 个点	删除 10% 要素	删除 20% 要素	删除 50% 要素
水印				
NC	0.997	1 1	1 1	1 1

表 4 是几何攻击的鲁棒性

攻击类型	X, Y 平移 5	旋转 5°	平移 5 旋转 5°	放大 2 倍	缩小 0.5 倍
水印					
NC	1	1	1	1	1

具体实施方式

[0015] 为了详细说明本发明的技术内容、构造特征、所实现的目的及所达到的效果，以下结合具体实施方式详细说明。

[0016] 空域水印嵌入算法

本算法以矢量图形对象为单位嵌入水印 1。具体嵌入算法流程如下：

(1) 读取矢量地理空间数据，提取坐标点的 X, Y 值，提取空间数据坐标值中高位有效位部分，记为 i_x, i_y ；

(2) 计算 $\text{Hash}(i_x)$ 和 $\text{Hash}(i_y)$ 的值 i , $\text{Hash}()$ 函数为坐标点与水印比特之间的哈希映射函数；

(3) 提取该坐标点需要嵌入的水印位 $w[i]$ ($1 \leq i \leq M$)， w 为置乱后的水印， M 为水印的长度；

(4) 通过 QIM 方法，在坐标点中嵌入水印，取量化值 $R=100$ ，以 X 坐标为例：

此时分两种情况进行讨论：

(a) 如果 $W(i)=0$ 并且 $\text{MOD}(x, R) > R/2$

$x = x - R/2$ ；

(b) 如果 $W(i)=1$ 并且 $\text{MOD}(x, R) \leq R/2$

$x = x + R/2$ ；

(5) 依次对该对象所有坐标点 x, y 嵌入水印。

[0017] 在水印嵌入中，可以根据空间数据的单位及大小，合理提取高位有效位，使得 Hash 函数的值均匀介于 $1 \sim M$ 之间。通过 QIM 量化方法嵌入水印时，如果直接量化嵌入，则水印就会嵌入坐标值的整数位部分，会导致数据误差太大。在水印嵌入之前，通过放大坐标值，然后量化嵌入，再缩小数据。这样就会使水印嵌入到坐标值的小数位部分。大大减小水印嵌入引起的误差。

[0018] DFT 域水印嵌入算法

在空域水印嵌入完成后，以含水印 1 的空间数据为载体，同样以矢量图形对象为单位，再次嵌入水印 2。具体嵌入算法流程如下：

1) 读取空间数据坐标点，根据式 (1) 产生复数序列 $\{a_k\}$ ；

$$a_k = x_k + iy_k \quad (k=1, \dots, N) \quad (1)$$

其中 x_k, y_k 为顶点坐标值， N 为图形对象顶点数目。

[0019] 2) 对序列 $\{a_k\}$ 进行 DFT 变换，变换后的 DFT 系数 $\{a_1\}$ 。该序列包括幅度系数

$\{|A_1|\}$ 和相位系数 $\{\angle A_1\}$;

3) 应用 QIM 量化方法, 水印嵌入到幅度系数 $\{|A_1|\}$ 和相位系数 $\{\angle A_1\}$ 。通过式 (2) 计算得出嵌入水印后的系数 A_1' ;

$$A_1' = \begin{cases} A_1 - R/2, & \text{if } w(i) = 0 \text{ and } \text{Mod}(A_1, R) > R/2 \\ A_1, & \text{if } w(i) = 0 \text{ and } \text{Mod}(A_1, R) \leq R/2 \\ A_1 + R/2, & \text{if } w(i) = 1 \text{ and } \text{Mod}(A_1, R) \leq R/2 \\ A_1, & \text{if } w(i) = 1 \text{ and } \text{Mod}(A_1, R) > R/2 \end{cases} \quad (2)$$

其中 R 为量化值。在量化嵌入过程中, 分别对 $\{|A_1|\}$ 和 $\{\angle A_1\}$ 系数放大 10^n 倍, 原因在于水印应嵌入变换系数的小数位部分, 以减小水印嵌入引起的误差。水印嵌入完成后再缩小系数。n 的值可以根据变换系数的大小及嵌入水印的强度来确定。

[0020] 4) 对 $\{A_1'\}$ 进行离散傅里叶逆变换, 得到嵌入水印后的复数序列 $\{a'_k\}$;

5) 根据序列 $\{a'_k\}$ 修改相应顶点坐标, 得到嵌入水印后的矢量数据;

6) 输出保存含水印矢量空间数据。

[0021] 水印提取算法

水印提取是水印嵌入的逆过程。由于采用不同的算法嵌入了不同的水印, 因此两个水印应分别提取。

[0022] 空域水印提取过程如下:

1) 读取待测数据, 提取坐标点的 X, Y 值, 提取空间数据坐标值中高位有效位部分记为 i_x, i_y ;

2) 通过 Hash() 函数, 计算出 i (i 是水印的位置);

3) 通过 QIM 量化方法提取水印位 $w(i)$ 的值, R 取嵌入水印时的量化值;

4) 对提取到的一维水印序列, 进行升维处理并反置乱, 得到最终水印图像。

[0023] DFT 域水印提取过程如下:

1) 读取待测数据, 读取空间数据坐标点, 根据式 (1) 产生复数序列 $\{a'_k\}$;

2) 对序列 $\{a'_k\}$ 进行 DFT 变换, 得到离散傅里叶系数 $\{A_1'\}$;

3) 对 $\{A_1'\}$ 幅度系数和相位系数分别放大 10^n 倍, 采用嵌入水印时的量化值 R, 计算出系数所在的量化区间, 各自提取出幅度系数水印和相位系数水印;

4) 对提取到的两个一维水印序列, 变换为二维图像并反置乱, 得到最终水印图像。

[0024] 在两个水印算法中, 每一个水印都被多次嵌入, 因此采用投票原则来确定水印信息。计算方法是: 定义一个与水印序列等长的整数序列 $\{B(i)=0, i=1, \dots, M\}$, M 为水印长度。单个水印位 $b'(i) = \{1, -1\}$, 相同水印位提取过程中, 使用公式 $B(i) = B(i) + b'(i)$ 来统计出水印信息值 -1 和 1 的多数, 如“1”为多数, 则 $B(i) > 0$; 然后根据公式 (3) 来重构出二值水印图像。

$$[0025] \quad w'(i) = \begin{cases} 1, & \text{if } B(i) > 0 \\ 0, & \text{if } B(i) \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

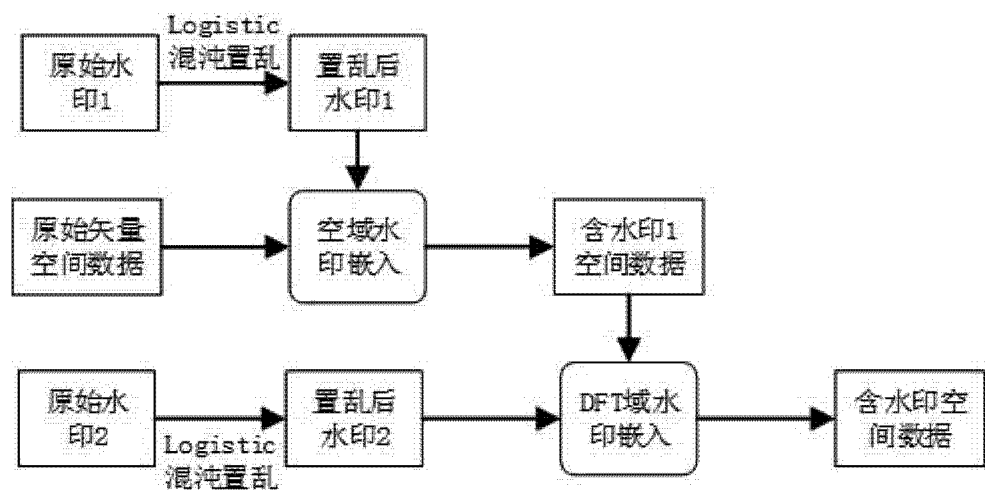


图 1

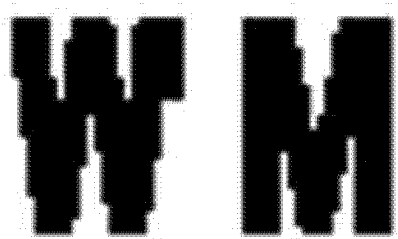


图 2(a)

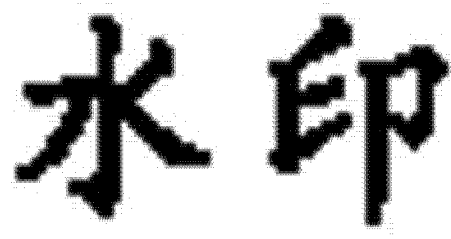


图 2(b)

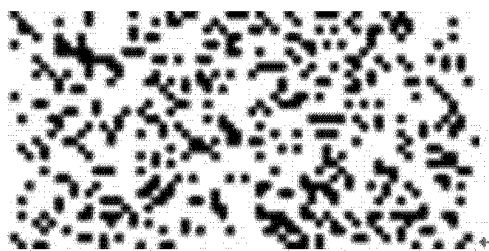


图 2(c)

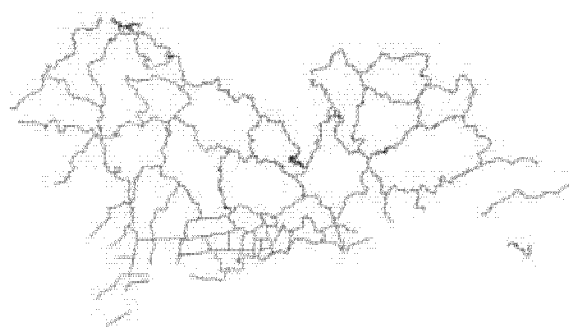


图 3(a)



图 3(b)