



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 270 323**

51 Int. Cl.:
G06T 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04364029 .1**

86 Fecha de presentación : **06.04.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1467316**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.2004**

54 Título: **Filigrana adaptable por aproximación vectorial de imágenes en colores.**

30 Prioridad: **11.04.2003 FR 03 04592**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

73 Titular/es: **FRANCE TELECOM**
6, place d'Alleray
75015 Paris, FR
Universite de Poitiers

72 Inventor/es: **Parisis, Alice;**
Laurent, Nathalie y
Carré, Philippe

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Filigrana adaptable por aproximación vectorial de imágenes en colores.

5 El campo de la invención es aquel de la marcación con filigrana de imágenes fijas en colores. Más precisamente, la invención concierne a una técnica de filigrana que permite integrar firmas a una imagen, teniendo en cuenta la dimensión color de esta última.

10 El campo del filigrana de imágenes, también llamado “watermarking”, está actualmente en pleno desarrollo, y es objeto de numerosas investigaciones, tanto en el campo de las secuencias de videos como en el de las imágenes fijas.

Se distinguen actualmente dos grandes familias de filigrana de imágenes, que corresponden respectivamente al filigrana de imágenes en escalas de grises y de imágenes en colores.

15 En efecto, los primeros años de investigación en el campo del “watermarking” estuvieron orientados principalmente hacia técnicas de protección de las imágenes en escalas de grises, y condujeron a la utilización de tres campos de marcaje distintos: el campo espacial, el campo de frecuencia y el campo de multi-resolución.

20 Los modelos de filigrana en el campo espacial (en los que la marca es aplicada directamente a los valores de los píxeles) tienen la ventaja de requerir un bajo costo durante el período de cálculo. Ellos son generalmente resistentes a los ataques geométricos (por ejemplo rotación y cambio de escala). Algunos métodos propuestos son la modificación de histograma (Coltuc D. *et al.*, “*Image authentication by exact histogram specification*” (en francés “*Authentification d’image par spécification d’histogramme exacte*”), workshop on multimedia signal processing, Cannes, Francia, octubre 2001) o también las técnicas de patchwork (D. Gruhl, W. Bender, Moritomo, “*Techniques for data hiding*” (en francés, “*technique de dissimulation de données*”), in processing SPIE, volumen 2420, página 40, febrero 1995).

30 Los modelos de filigrana en el campo de frecuencia tienen como ventaja en sí mismos el hecho de ser resistentes a la compresión (del tipo JPEG por ejemplo). La marca es aplicada a los coeficientes resultantes de una transformación del tipo Fourier (como la presentada por ejemplo por V. Solachidis e I. Pitas, “*Self-similar ring shaped watermark embedding in 2-D DFT domain*”, 10th European Signal Processing Conference EUSIPCO’2000, Tampere, Finlandia, páginas 1977-1980, septiembre 2000) o Coseno Discreto (como es presentado por ejemplo por F. Alurki y R. Mersereau, “*A robust digital watermark procedure for still images using DCT phase modulation*”, 10th European Signal Processing Conference EUSIPCO’2000, Tampere, Finlandia, páginas 1961-1964, septiembre 2000).

35 El marcaje en el campo de multi-resolución ofrece finalmente numerosas ventajas. Constituye ante todo el campo utilizado en los estándares de compresión más recientes. Del mismo modo permite seleccionar la banda de frecuencia que porta la marca, permitiendo así reducir los riesgos de degradación de la imagen por la aplicación de la marca (como es ilustrado por D. Kunder y D. Hatzinakos, “*Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition*”, Proceedings of IEEE ICASSP’98, vol. 5, páginas 2969-2972, Seattle, WA, USA, Mayo 1998).

40 Además de estas técnicas de filigrana de imágenes en escalas de grises, una segunda gran familia de técnicas de filigrana de imágenes fijas propone tener en cuenta la dimensión color de las imágenes.

45 En el seno de esta familia, se distingue inicialmente una primera sub-familia de técnicas que consisten en adaptar los métodos en escalas de grises sobre los tres componentes de color. Algunos parámetros son entonces utilizados para controlar la fuerza de marcaje sobre cada componente a fin de tener en cuenta propiedades del sistema visual humano.

Una segunda sub-familia reagrupa métodos específicos de las imágenes en colores. La misma tiene en cuenta el sistema visual humano y utiliza las características de las representaciones del color.

50 Por ejemplo, un método particular, específico en las imágenes en colores, es el propuesto por L. Akarun, N. Özdilek, B. U. Öztekin, “*A Novel Technique for Data Hiding in Color Paletted Images*”, Proceedings of the 10th European Signal Processing Conference, EUSIPCO’00, Tampere, Finlandia, páginas 123-126, septiembre 2000.

55 La primera etapa de este método consiste en cuantificar el espacio de colores mediante el algoritmo conocido como “median-cut”. Este consiste en fragmentar de forma iterativa el espacio de color con planos perpendiculares a los ejes de los colores y pasando por los valores medios de los datos.

Dos casos son entonces posibles:

- 60
- toda la paleta es utilizada en la representación de la imagen, o
 - algunos valores de la paleta no son utilizados por la imagen.

65 El primer caso no resulta entonces adaptado al algoritmo de marcaje. Pero la paleta obtenida comprende colores que el ojo humano no puede discernir. Utilizando esta propiedad se puede así liberar ciertos colores de la paleta, de forma que no sean utilizados en la imagen marcada.

ES 2 270 323 T3

El autor propone que dos colores son indiscernibles si $\Delta E < 3$ con $\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$, en el espacio *Lab*. Se recuerda que el espacio de representación *Lab* es un espacio perceptiblemente uniforme. *L* representa la luminancia y los componentes *a* y *b* son cromáticos.

5 Sea $M(i)$ la marca, compuesta por colores que no pertenecen a la paleta. El autor precisa que una marca "binaria" (compuesta por dos colores) es más resistente (así el riesgo de error de detección es disminuido).

Sea $\hat{C}$ el color más utilizado de la paleta. ($\hat{C}$ es definido por el pico más elevado del histograma color, cada abscisa correspondiendo a un color de la paleta.)

10 La marca contiene un número de elementos inferior al número de píxeles de color $\hat{C}$, $i < h(\hat{C})$. Cada uno de esos elementos es indiscernible del color $\hat{C}$.

15 El marcaje consiste en reemplazar el $i^{\text{ésimo}}$ píxel de color $\hat{C}$ por $M(i)$.

Otro método original es el propuesto por S. Battiato, D. Catalano, G. Gallo, R. Gennaro, en "*Robust Watermarking for Images based on Color Manipulation*", Proceedings of the 3rd Workshop on Information hiding. LNCS 1768, páginas 302-317, Dresden, 1999. Según este método, la marca no es creada por la imagen previamente, sino que es el contenido colorimétrico de la imagen quien representa a la marca. Un inconveniente de esta técnica es por consiguiente que ella es muy pesada en cuanto a datos a conservar.

El espacio de color propuesto por el autor respeta dos propiedades:

- 25 - el espacio deber ser perceptiblemente uniforme (como lo son los espacios *Lab* y *Luv*) de manera que se pueda asimilar una medida de distancia euclidiana en una diferencia de color para el sistema visual humano;
- el paso hacia ese espacio, denotado LC_1C_2 , deber ser rápido, simple y sin pérdida de informaciones.

30 El campo de los colores opuestos es definido aquí a partir de RGB, de la siguiente forma:

$$RGB \rightarrow LC_1C_2 :$$

$$\begin{cases} L = R + G + B; \\ C_1 = 2B - R - G; \\ C_2 = R - 2G + B. \end{cases}$$

40 y

$$LC_1C_2 \rightarrow RGB :$$

$$\begin{cases} R = (L + C_2 - C_1) / 3; \\ G = (L - C_2) / 3 \\ B = (C_1 + L) / 3. \end{cases}$$

50 Según los autores, este espacio se aproxima al máximo a la representación de los canales cromáticos del sistema visual humano.

55 El marcaje es realizado de la siguiente forma. La marca es un vector $M(n)$, $n=1, \dots, k, \dots, N$ donde N es el número de colores de la imagen y k el índice de un color de la imagen. Sea $(LC_1C_2)_k$ el color asociado al índice k , representado por un vector en el espacio LC_1C_2 . Se selecciona un rayo en una esfera definida alrededor del punto de coordenada $(LC_1C_2)_k$ de forma aleatoria. Para cada píxel (x,y) correspondiente al color k , el vector que corresponde al rayo (determinado anteriormente) es adicionado al vector de color inicial para obtener el vector marcado $(LC_1C_2)_k'$.

60 Cada color resulta así marcado por adición de un mismo vector. La imagen marcada es reconstruida reemplazando los colores originales por los colores marcados, respetando las coordenadas de los píxeles de la imagen.

La marca es entonces constituida por el conjunto de los colores de la imagen original.

65 La detección es realizada por comparación de la imagen marcada con las marcas generadas sobre el conjunto de las imágenes procesadas. La misma se efectúa de la siguiente forma. Primeramente es necesario considerar que la imagen sobre la cual la detección es efectuada posee el mismo número de colores que la imagen original. El algoritmo

ES 2 270 323 T3

de detección compara la imagen con cada una de las marcas grabadas. Color por color, se va a buscar la marca más próxima (en la que los vectores de diferencias entre los dos píxeles de la misma coordenada son los más semejantes). La marca que corresponde a la imagen marcada es aquella que tiene en común el mayor número de vectores de diferencia entre los colores de la imagen marcada y de la imagen original.

Se notará que las diferentes publicaciones relativas a las técnicas de marcación con filigrana en colores están generalmente dedicadas a la integridad del aspecto visual y la resistencia de estas técnicas contra los ataques clásicos está poco desarrollada.

Generalmente, para métodos cuyo algoritmo de base puede ser aplicado a las imágenes en escalas de grises, el marcaje sigue la siguiente técnica:

- paso en el espacio transformado (coeficiente de pequeñas ondas, coeficiente de coseno discreto, etcétera)

- aplicación de la siguiente fórmula:

$$I'_w(i, j) = I'(i, j) + \alpha(i, j)M(i, j)$$

en la que I'_w representa la transformación de la imagen (o el componente) marcada, I' la transformación de la imagen (o el componente) original, M la marca, α el factor de control de intensidad del marcaje, y donde i y j representan las coordenadas del píxel procesado.

Los algoritmos basados en las características de los componentes de color son más adaptados a las características del sistema visual humano. El primer artículo de Kutter M., Jordan F., y Bossen F. ("*Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation*", Processings of SPIE storage and retrieval for image and video databases, San Jose, USA, volumen 3022, número 5, páginas 518-526, febrero 1997) sobre el "watermarking" en colores proponía trabajar sobre el componente azul del sistema RGB, para el cual el ojo humano era el menos sensible.

Esa idea ha sido retomada por A. Reed y B. Hannigan, en "*Adaptive Color Watermarking*", Proceedings of SPIE, Electronic Imaging, volumen 4675, enero 2002. Estos autores proponen trabajar sobre el componente amarillo del sistema CMY ("Cyan Magenta Yellow" por "Cyan Magenta Jaune", que es un espacio colorimétrico), ya que ellos consideran que el ojo humano es menos sensible a las variaciones de color sobre el eje amarillo-azul.

De forma general, el componente azul permite disimular mejor la marca (pero con una resistencia menor) y el componente verde permite proteger mejor la marca contra ataques (pero con degradaciones más visibles de la imagen). Esto se explica por el hecho de que el sistema visual humano es más sensible a las variaciones en el verde que a las variaciones en el azul. La relación entre invisibilidad y resistencia de la marca depende por consiguiente de la naturaleza colorimétrica del componente.

En fin, una última técnica, propuesta por J. J. Chae, D. Mukherjee, y B.S Manjunath, en "*Color Image Embedding using Multidimensional Lattice Structures*", Proceeding of IEEE Internacional Conference on Image Processing, Chicago, Illinois, volumen 1, páginas 460-464, octubre 1998, se basa en una aproximación del tipo vectorial.

Según esta técnica, la primera etapa del marcaje consiste en hacer una descomposición en pequeñas ondas de la imagen inicial y de la firma (que también puede ser una imagen). Es efectuado un solo nivel de descomposición. Se obtienen así los coeficientes en pequeñas ondas de la imagen original, denotados $(C_Y, C_U, C_V)(x, y)$, donde cada componente corresponde al componente de color del espacio YUV, y los coeficientes en pequeñas ondas de la marca. La utilización del espacio YUV (espacio utilizado en video: Y es el componente de luminancia, U y V son componentes cromáticos) permite así una adaptación directa de esa técnica a los documentos de vídeo.

Los coeficientes de pequeñas ondas resultantes de la descomposición de la marca son cuantificados en niveles β . Se obtiene así un vector $\bar{M}$, $(M_Y, M_U, M_V)(x, y)$ para una marca en colores y $M(x, y)$ para una marca en escalas de grises, que contiene (s_i) elementos donde $1 < i < \beta$.

La integración de la marca puede escribirse bajo la forma:

$$(C_Y, C_U, C_V)'_i(x, y) = (C_Y, C_U, C_V)_i(x, y) + \alpha \bar{M}(s_i)$$

donde α es el factor de control de la fuerza de marcaje.

La detección de la marca es efectuada entonces de la siguiente forma. Después de la aplicación de la transformación en pequeñas ondas sobre la imagen marcada, los coeficientes resultantes son cuantificados en niveles β .

Para calcular el vector más próximo al utilizado como marca, se busca el valor de cuantificación del coeficiente más próximo a los de la imagen inicial (la marca es detectada entonces, elemento por elemento).

La imagen que corresponde a la marca detectada podrá así ser reconstruida mediante transformación inversa en pequeñas ondas.

5 Todas las técnicas de filigrana de imágenes en escalas de grises o de imágenes en colores descritas anteriormente presentan numerosos inconvenientes.

10 Así, las técnicas de “watermarking” de imágenes en colores basadas en algoritmos en escalas de grises no permiten tener en cuenta la dimensión color de las imágenes. De esta forma, no permiten optimizar la relación entre invisibilidad y resistencia de la marca.

Las técnicas de filigrana de imágenes en colores son en sí mismas muy complejas y todas buscan responder a un objetivo de invisibilidad de la marca. En otros términos, las mismas no son suficientemente resistentes a ataques clásicos del tipo compresión o filtración.

15 La técnica propuesta por Chae y otros descrita anteriormente, aunque utiliza una aproximación vectorial, presenta en sí misma como inconveniente el no ser resistente a la compresión. Además, este método de marcaje no permite prever la seguridad de los documentos. Finalmente, esta técnica no tiene en cuenta la dimensión color de la imagen, puesto que afecta la misma fuerza de marcaje a los tres componentes de color de la imagen.

20 Por último, ninguna técnica del arte anterior que utiliza una descomposición en pequeñas ondas ofrece un marcaje ciego, que permita una detección de la marca que no necesite la imagen original. Además, ninguna de esas técnicas ofrece una resistencia contra la compresión JPEG, la filtración media y la adición de ruido.

25 M. Caramma *et al.*: “A blind readable watermarking technique for color images”, Proceedings of the International Conference on Image Processing ICIP, 10.09.2000, vol.1, p.442-445, Vancouver, Canadá, revela un método de inserción de una filigrana en el espacio de pequeñas ondas utilizando 4 niveles de resolución y teniendo en cuenta el sistema visual humano tratándose de la fuerza de la filigrana. Los tres componentes de una imagen en colores son procesados de forma diferente, pero filigranas de fuerza diversa son insertadas en los tres componentes.

30 La invención tiene por objetivo en particular paliar esos inconvenientes del arte anterior.

Más precisamente, un objetivo de la invención es suministrar una técnica de filigrana de imágenes en colores que permite integrar una o varias firmas a una imagen en colores.

35 En otros términos, un objetivo de la invención es suministrar una técnica de seguridad de documentos mediante inserción invisible de una marca.

40 Otro objetivo de la invención es poner en práctica una técnica tal que sea resistente a la mayoría de los ataques. En particular, un objetivo de la invención es suministrar una técnica tal que sea resistente a la compresión (en particular de tipo JPEG), a la filtración (en particular por un filtro medio) y a la adición de ruido.

La invención tiene además por objetivo poner en práctica una técnica tal que permita una detección ciega, es decir que no necesita la imagen original, de la marca en una imagen.

45 Además un objetivo de la invención es suministrar una técnica tal que permita reducir la visibilidad de la marca con respecto a las técnicas del arte anterior.

Esos objetivos, así como otros que aparecerán a continuación, son alcanzados con la ayuda de un procedimiento de filigrana de una imagen en colores, que presenta tres componentes.

50 De acuerdo con la invención, tal procedimiento comprende una etapa de inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados a dicho al menos a un punto.

55 Así, la invención se basa en una aproximación completamente nueva e ingeniosa de filigrana de imágenes en colores. En efecto, la invención se basa en una aproximación vectorial, que permite, con respecto a las técnicas del arte anterior, tener en cuenta la dimensión color de la imagen.

60 La marca de filigrana no es por consiguiente, contrariamente a las técnicas del arte anterior, aplicada de forma idéntica sobre los tres componentes de color de la imagen; en otros términos, mientras que, según el arte anterior, se procedía a un marcaje independiente de los tres vectores de componente de la imagen, de acuerdo con la invención, esos tres vectores son en lo adelante tenidos en cuenta “en sinergia” para la inserción de la marca.

65 La puesta en práctica de una aproximación vectorial permite, en términos de resistencia, obtener respuestas más estables que las técnicas del arte anterior en el campo de las pequeñas ondas, tales como la de Kundur y otros citada con anterioridad, como técnica de filigrana en el campo de las pequeñas ondas. Tal aproximación vectorial permite igual-

ES 2 270 323 T3

mente minimizar las variaciones inducidas por la marca en el campo color, y mejora por consiguiente sensiblemente la invisibilidad de la marca con respecto a las técnicas del arte anterior.

Ventajosamente, se selecciona, para cada uno de dichos puntos concernientes, dos vectores como vectores de referencia y un vector a marcar para portar dicha marca de filigrana.

Se notará que la invención consiste, por consiguiente, contrariamente al arte anterior, en marcar vectores de componente (o sea, vectores en colores por ejemplo), y no simples coeficientes de la imagen.

Preferiblemente, dicho vector a marcar es el vector central, encontrándose entre dichos vectores de referencia.

De manera ventajosa, se calculan las distancias dos a dos entre dichos tres vectores, siendo dichos vectores de referencia los más distantes uno del otro.

De manera preferencial, se determina una frontera entre dichos vectores de referencia, definiendo dos zonas asociadas respectivamente a los valores binarios "0" y "1".

Se crean así dos medios espacios, asociados respectivamente a cada uno de dichos vectores de referencia, y que corresponden a un valor "0" o "1" de la marca que se desea insertar.

Ventajosamente, dicha frontera es definida por la bisectriz entre dichos vectores de referencia.

De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, el marcaje de dicho vector a marcar comprende un desplazamiento eventual de dicho vector a marcar en una de dichas zonas, según el valor binario de marcaje a aplicar.

Así, si se desea insertar sobre el vector a marcar una marca de valor "0" y si el vector a marcar se encuentra en la zona o el medio espacio asociado al valor binario "1", su extremo se desplaza de forma que se encuentre en el otro medio espacio, o zona, asociado al valor "0".

Si se desea insertar sobre el vector a marcar una marca de valor "0" y si el vector a marcar se encuentra ya en la zona asociada al valor binario "0", se puede igualmente desplazar su extremo de manera que se aproxime al vector de referencia situándose en ese medio espacio, de manera de aumentar la resistencia de la marca (quedando claro está en el medio espacio asociado al valor binario "0").

De acuerdo con otra característica ventajosa de la invención, dicho desplazamiento tiene una amplitud variable, función de una fuerza de marcaje seleccionada en función de al menos una característica local de dicha imagen.

Así, en función de las características colorimétricas o de las características de textura locales de la imagen, se puede seleccionar insertar una marca más o menos visible y más o menos resistente, en función de la fuerza de marcaje seleccionada. Tal fuerza de marcaje puede tomar por ejemplo un valor comprendido entre 0 y 1, una fuerza nula correspondiente a una marca poco resistente e invisible, una fuerza igual a 1 correspondiente a una marca resistente pero visible.

De acuerdo con una variante ventajosa de la invención, tal procedimiento de filigrana comprende igualmente una etapa de transformación en pequeñas ondas de cada uno de dichos componentes de la imagen, y dichos tres vectores de componentes son determinados, por cada punto de al menos un nivel de descomposición de dicha transformación en pequeñas ondas, para cada uno de dichos componentes respectivamente.

Por consiguiente la invención combina la descomposición de la imagen en pequeñas ondas con la aproximación vectorial. La utilización de tal transformación en pequeñas ondas permite ventajosamente que la técnica de la invención sea más resistente a ataques del tipo compresión JPEG, filtración media y adición de ruido.

Se notará que por "punto", se entiende aquí una posición píxelica en un nivel de descomposición de la imagen, como la ilustrada por la figura 10, que representa una imagen a escala E 101, y las tres imágenes en detalle $D_N^{1,R}$ 102, $D_N^{2,R}$ 103, $D_N^{3,R}$ 104 para el componente rojo de una descomposición en pequeñas ondas en un sistema RGB. El "punto" 105 es definido por una misma posición píxelica en cada una de las tres imágenes en detalles referidas 102 a la 104.

Preferiblemente, se prevé al menos dos convenciones de marcaje de un vector.

De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, se selecciona como convención de marcaje para una imagen dada aquella que limita los riesgos de conflicto durante la detección de dicha marca.

Preferiblemente, se selecciona una de dichas convenciones en función de los números de vectores de referencia presentes en dicha imagen para cada uno de dichos componentes.

Así, en un sistema de tipo RGB por ejemplo, se determina el número de veces en que los vectores rojo, verde y azul son seleccionados como vectores de referencia o como vector a marcar, y se deduce de esto la convención de marcaje

ES 2 270 323 T3

permitiendo reducir al máximo los riesgos de conflicto durante la detección de la marca. Por ejemplo, se selecciona una convención de marcaje tal que el vector menos frecuentemente marcado sea situado en la zona de conflicto.

De manera preferencial, dicho marcaje es, al menos *en ausencia de conflicto*, calculado según la ecuación siguiente:

$$\bar{V}_{M,W}(x, y) = \bar{V}_R(x, y) - (1 - F_M)(\bar{V}_R(x, y) - \bar{V}_M(x, y))$$

donde $\bar{V}_M(x, y)$ es dicho vector a marcar, $\bar{V}_R(x, y)$ es uno de dichos vectores de referencia, F_M es dicha fuerza de marcaje y $\bar{V}_{M,W}(x, y)$ es dicho vector marcado.

Preferiblemente, en caso de conflicto, dicho marcaje es calculado según la ecuación siguiente:

$$\bar{V}_{M,W}(x, y) = \bar{V}_R(x, y) - \text{beta} \cdot (1 - F_M)(\bar{V}_R(x, y) - \bar{V}_M(x, y)),$$

donde $\text{beta} < 1$.

Ventajosamente, tal procedimiento de filigrana comprende, después de dicha etapa de asociación de una marca de filigrana, una etapa de transformación inversa en pequeñas ondas, dando como resultado una imagen marcada.

Así, después de haber procedido a una transformación en pequeñas ondas de diferentes componentes de color de la imagen y después de haber insertado la marca de filigrana sobre los vectores de colores, se reconstruye una imagen marcada, por transformación inversa en pequeñas ondas.

De forma ventajosa, dicha marca es una firma binaria pseudo-aleatoria escrita de forma redundante.

La redundancia de la inserción de la marca permite una mejor protección de la imagen y una mayor probabilidad de detección de la filigrana.

Preferiblemente, dichos componentes pertenecen al grupo que comprende:

- los componentes RGB;

- los componentes YUV;

- los componentes CMY.

Más generalmente, todos los espacios de representación del color pueden ser utilizados, trátase de espacios definidos por la CIE (Comisión de Iluminación Internacional) o de espacios originales.

La invención se refiere también a un dispositivo de filigrana de una imagen en colores, que presenta tres componentes, y que comprende medios de inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

La invención concierne igualmente a un programa de computación que comprende instrucciones de código de programa grabado en un soporte utilizable en una computadora para el marcaje de una imagen en colores, que presenta tres componentes. De acuerdo con la invención, dicho programa comprende medios de programación legibles por computadora para efectuar una etapa de inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

La invención concierne además a una imagen en colores que presenta tres componentes y que comprende una filigrana obtenida por inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

La invención concierne también a un procedimiento de detección de una filigrana en una imagen marcada, realizado de acuerdo con el procedimiento de filigrana descrito anteriormente. De acuerdo con la invención, tal procedimiento de detección comprende una etapa de recuperación de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de recuperación teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

Preferiblemente, dicha etapa de recuperación comprende una sub-etapa de cálculo de las distancias dos a dos entre dichos tres vectores, y los dos vectores más distantes uno del otro son vectores de referencia, siendo el tercer vector el vector marcado que porta dicha marca de filigrana.

ES 2 270 323 T3

Ventajosamente, una frontera entre dichos vectores de referencia que definen dos zonas asociadas respectivamente a los valores binarios "0" y "1", dicha etapa de recuperación comprende igualmente una sub-etapa de localización de la zona en la cual se sitúa dicho vector marcado, y una etapa de asociación de un valor binario correspondiente.

5 De forma ventajosa, dicha marca es recuperada al menos dos veces, y se pone en práctica un cálculo de correlación con respecto a la firma de referencia, a fin de decidir si la filigrana es o no detectada correctamente.

10 La invención se refiere además a un dispositivo de detección de una filigrana en una imagen marcada, realizada de acuerdo con el procedimiento de filigrana descrito anteriormente. De acuerdo con la invención tal dispositivo comprende medios de recuperación de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de recuperación teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

15 La invención se refiere finalmente a un programa de computadora que comprende instrucciones de código de programa grabado en un soporte utilizable en una computadora para la detección de una filigrana en una imagen marcada, realizado de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente. Tal programa comprende medios de programación legibles por computadora para efectuar una etapa de recuperación de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de recuperación teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

20 Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción que sigue de un modo de realización preferencial, dado a título de simple ejemplo ilustrativo y no limitativo, y los dibujos anexos, entre los cuales:

25 - la figura 1 presenta una sinopsis del principio de análisis multi-resolución de una imagen I por transformación en pequeñas ondas, puesto en práctica de acuerdo con la invención;

30 - la figura 2 ilustra el principio de obtención de imágenes al nivel de resolución j a partir de la imagen a escala al nivel j+1 mediante transformación en pequeñas ondas, de acuerdo con el principio de la figura 1;

- la figura 3 describe una arborescencia de coeficientes de pequeñas ondas construida como resultado de la transformación en pequeñas ondas de la figura 2;

35 - la figura 4 ilustra la generación de una marca por redundancia de la firma;

- la figura 5 presenta la etapa de construcción de vectores de referencia y del vector de marcaje;

40 - las figuras 6a a la 6c ilustran las diferentes convenciones de marcaje puestas en práctica de acuerdo con la invención;

- la figura 7 ilustra un caso de figura posible de posicionamiento de los vectores originales, así como los dos desplazamientos del vector a marcar previsible para este caso;

45 - las figuras 8a y 8b presentan respectivamente un ejemplo de imagen original y de imagen correspondiente marcada de acuerdo con la técnica de filigrana de la invención;

- las figuras 9a a la 9c presentan, en forma gráfica, los resultados de las pruebas de resistencia de la técnica de filigrana de la invención, en el ejemplo de la imagen de la figura 8b;

50 - la figura 10 precisa la noción de "punto" de una imagen, que representa, en el marco de una transformación en pequeñas ondas, una posición pixélica en un nivel de descomposición.

55 El principio general de la invención se basa en tener en cuenta la dimensión color de las imágenes, y propone una aproximación vectorial de la filigrana. La invención permite así un marcaje vectorial teniendo en cuenta, en sinergia, los tres vectores de color de la imagen.

En un modo de realización particular de la invención, que será descrito en todo el resto del documento, se combina con esta aproximación vectorial una descomposición en pequeñas ondas de los componentes de color de la imagen.

60 En ese modo de realización particular, la invención consiste por consiguiente en insertar una marca en una imagen en colores realizando las etapas siguientes:

- Transformación de cada componente de la imagen en colores en el campo de las pequeñas ondas,

65 - Generación independiente de la marca de manera pseudo-aleatoria a partir de una clave,

- Definición del conjunto de los vectores de colores

- Para cada coordenada de los componentes de paso de banda:

o Definición de dos vectores de referencia y de un vector que portará la marca (los vectores de referencia son los vectores más distantes, la marca es así aplicada sobre el vector “central” lo que minimiza el impacto visual)

o Definición de una regla que administra la fuerza de la marca y determina el espacio de inserción asociado al bit 1 y al bit 0.

- Reconstrucción de la imagen en colores marcada mediante la transformación en pequeñas ondas, teniendo en cuenta modificaciones por marcaje de los coeficientes de pequeñas ondas.

Esas diferentes operaciones son detalladas más en detalle a continuación, en relación con las figuras.

1. Transformación en pequeñas ondas

La primera etapa puesta en práctica de acuerdo con la invención es una etapa de transformación en pequeñas ondas. Se recuerda que la transformación en pequeña onda es una poderosa herramienta matemática que permite el análisis multi-resolución de una función, tal como es descrito por Mallat S. (en “*A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: the Wavelet Representation*”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No.7, julio 1989, pp. 674-693), por Stollnitz E.J. DeRose T.D., y Salesin D. (en “*Wavelets for Computer Graphics: A Primer-Part 1*”, IEEE Computer Graphics and Applications, mayo 1995, pp. 76-84 o también en “*Wavelets for Computer Graphics: A Primer-Part 2*”, IEEE Computer Graphics and Applications, julio 1995, pp. 75-85).

El anexo 1, que forma parte integrante de la presente solicitud de patente, esboza los aspectos esenciales de la teoría de las pequeñas ondas.

En el marco de la invención, las funciones consideradas son imágenes digitales, es decir, funciones bi-dimensionales discretas. Sin pérdida de generalidades, se supone que las imágenes procesadas son sometidas a un muestreo en una tabla discreta de n líneas y m columnas y con valor en un espacio de luminancia muestreado con 256 valores. Además, se supone que $n = 2^k (k \in \mathbb{Z})$ y que $m = 2^l (l \in \mathbb{Z})$.

Si se denota I la imagen original, se tiene entonces:

$$I : \begin{cases} [0, m] \times [0, n] \rightarrow [0, 255] \\ (x, y) \mapsto I(x, y) \end{cases}.$$

La transformación en pequeña onda de la imagen I 10 permite una representación multi-resolución de I , tal como es ilustrado por la figura 1. En cada nivel de resolución $2^j (j \leq -1)$, la representación de I 10 es dada por una imagen aproximada $A_{2^j} I$ 11 y por tres imágenes en detalles $D_{2^j}^1 I$ 12, $D_{2^j}^2 I$ 13 y $D_{2^j}^3 I$ 14. Cada una de esas imágenes es de tamaño $2^{k+j} \times 2^{l+j}$.

De nuevo, en el nivel de resolución siguiente, la imagen aproximada $A_{2^j} I$ 11 puede ser representada por una imagen aproximada $A_{2^{j-1}} I$ 11 y por tres imágenes en detalles $D_{2^{j-1}}^1 I$ 12, $D_{2^{j-1}}^2 I$ 13 y $D_{2^{j-1}}^3 I$ 14.

La transformación en pequeña onda necesita la selección de una función escala $\Phi(x)$ así como la selección de una función de pequeña onda $\Psi(x)$. A partir de esas dos funciones, se deriva un filtro escala H y un filtro de pequeña onda G cuyas respectivas respuestas de impulso h y g son definidas por:

$$h(n) = \langle \phi_{2^{-1}}(u), \phi(u - n) \rangle \forall n \in \mathbb{Z}$$

$$g(n) = \langle \Psi_{2^{-1}}(u), \phi(u - n) \rangle \forall n \in \mathbb{Z}.$$

Denotemos respectivamente $\tilde{H}$ y $\tilde{G}$ los filtros espejos de H y G (es decir $\tilde{h}(n) = h(-n)$ y $\tilde{g}(n) = g(-n)$).

Se puede entonces mostrar, como es ilustrado por la figura 2, que:

❖ $A_{2^j} I$ 20 puede ser calculada convulando $A_{2^{j+1}} I$ 21 con $\tilde{H}$ en las dos dimensiones y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (23,24) en las dos dimensiones;

❖ $D_{2^j}^1 I$ 22 puede ser calculado:

1. convulando $A_{2^{j+1}} I$ 21 con $\tilde{H}$ y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (23) siguiendo esa misma dirección;

2. convulando el resultado de la etapa 1) con $\tilde{G}$ siguiendo la dirección x y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (25) siguiendo esa misma dirección.

❖ $D_{2j}^2 I$ 26 puede ser calculado:

1. convulando $A_{2j+1} I$ 21 con $\tilde{G}$ y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (27) siguiendo esa misma dirección;
2. convulando el resultado de la etapa 1) con $\tilde{H}$ siguiendo la dirección x y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (28) siguiendo esa misma dirección.

❖ $D_{2j}^3 I$ 30 puede ser calculada:

1. convulando $A_{2j+1} I$ 21 con $\tilde{G}$ y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (27) siguiendo esa misma dirección;
2. convulando el resultado de la etapa 1) con $\tilde{G}$ siguiendo la dirección x y haciendo un sub-muestreo de un factor dos (29) siguiendo esa misma dirección.

En un modo de realización particular de la invención, se utiliza la base de Daubechies, y se selecciona el nivel de resolución $2^r (r \leq -1)$ con $r = -4$.

Las pequeñas ondas de Daubechies tienen un soporte de tamaño mínimo para un número dado de momentos nulos. Las pequeñas ondas de Daubechies en soporte compacto se calculan a partir de filtros espejos conjugados h de respuesta de impulso terminada. De la longitud del filtro depende el soporte temporal de la pequeña onda asociada así como el número de momentos nulos. No existe fórmula explícita para los filtros de Daubechies cualquiera que sea el orden del filtro. Los filtros se construyen a partir de la resolución del problema siguiente:

Sea el polinomio trigonométrico $\hat{h}(w) = \sum_{n=0}^{N-1} h[n]e^{-inw}$ transformado de Fourier del filtro de Daubechies, entonces es necesario construir un polinomio $R(e^{-iw})$ de grado mínimo tal que $\hat{h}(w) = \sqrt{2} \left(\frac{1 + e^{-iw}}{2} \right)^p R(e^{-iw})$ y $|\hat{h}(w)|^2 + |\hat{h}(w + \pi)|^2 = 2$. De acuerdo con la invención, se selecciona preferiblemente el filtro con ocho coeficientes que corresponde al polinomio siguiente:

$$\hat{h}(w) = 0,2304 + 0,7148.e^{-iw} + 0,6309.e^{-i2w} - 0,028.e^{-i3w} - 0,187.e^{-i4w} \\ + 0,0308.e^{-i5w} + 0,03209.e^{-i6w} - 0,0106.e^{-i7w}$$

La figura 3 ilustra la construcción, después que la transformación en pequeñas ondas es efectuada hasta un nivel de resolución mínimo $2^r (r \leq -1)$, de una arborescencia de los coeficientes de pequeñas ondas:

- Para cada píxel $p(x,y)$ referenciado 34 de la imagen A_2 , I es la raíz de un árbol;
- A cada raíz $p(x,y)$ se le atribuyen tres nudos hilos referenciados 31 al 33 designados por los coeficientes de pequeñas ondas de las tres imágenes en detalles $D_{2^s}^s I$ ($s=1,2,3$) localizadas en el mismo lugar (x,y) ;
- Como resultado del sub-muestreo de un factor dos efectuado por la transformación en pequeña onda en cada cambio de resolución (ver figura 2), cada coeficiente de pequeña onda $D_{2^r}^s(x,y) (s=1,2,3)$ corresponde a una zona de tamaño 2×2 píxeles en la imagen en detalles correspondiente en la resolución 2^{r+1} . Esa zona está localizada en $(2x, 2y)$ y todos los coeficientes de pequeña onda que le pertenecen se convierten en los nudos hilos de $D_{2^r}^s(x,y)$.

De forma recursiva, se construye así la arborescencia en la cual cada coeficiente de pequeña onda $D_{2^w}^s(x,y) (s=1,2,3)$ y $0 > w > r$ posee cuatro nudos hilos designados por los coeficientes de pequeñas ondas de la imagen $D_{2^{r+1}}^s I$ localizados en la región situada en $(2x, 2y)$ y de tamaño 2×2 píxeles.

Una vez construida la arborescencia, cada coeficiente de pequeña onda $D_{2^w}^s(x,y) (s=1,2,3)$ corresponde a una región de tamaño $2^{-r} \times 2^{-r}$ píxeles en la imagen en detalle $D_{2^{-1}}^s I$.

2. Construcción de la marca

Una firma binaria S de N_B bits es generada de forma pseudo-aleatoria, controlada por una clave K. Esta firma, escrita en forma de una matriz $\sqrt{N_B} * \sqrt{N_B}$ es luego escrita de forma redundante para obtener la marca W. La redundancia puede ser efectuada bit por bit o firma por firma, tal como es ilustrado por la figura 4.

En un modo de realización particular de la invención, la firma S 40 es una firma binaria de 16 bits y es generada de forma pseudo-aleatoria con la ayuda de una clave K=9. Esa firma matricial (4*4) 40 es copiada de nuevo O veces para crear una marca, como en el primer ejemplo 41 presentado en la figura 4. Para una imagen de tamaño 256* 256, sabiendo que los coeficientes de pequeñas ondas utilizados son los definidos por la 4ª escala de descomposición, la marca será de tamaño 16*16. Por consiguiente la firma es repetida 16 veces.

Se notará que en la figura 4, los cuadrados negros ilustran un bit en 1 y los cuadrados blancos representan un bit en 0.

3. Inserción de la marca

3.1 Definición de los vectores

Los vectores son definidos a partir de la descomposición en pequeñas ondas en la escala -r, para cada una de las coordenadas (x,y) de las tres imágenes en detalles $D_{2^j}^1 I$ 22, $D_{2^j}^2 I$ 26, $D_{2^j}^3 I$ 30, y para cada uno de los tres componentes de color denotados $I=\{A,B,C\}$.

A, B y C son componentes que dependen del espacio de representación (ABC puede ser RGB, XYZ, YUV, etc).

Se obtienen así, para cada una de las coordenadas (x,y) 50 de las imágenes en detalles, los tres vectores siguientes, ilustrados por la figura 5:

$$\tilde{V}_A(x, y) = \{D_{2^j}^1 A(x, y), D_{2^j}^2 A(x, y), D_{2^j}^3 A(x, y)\},$$

$$\tilde{V}_B(x, y) = \{D_{2^j}^1 B(x, y), D_{2^j}^2 B(x, y), D_{2^j}^3 B(x, y)\},$$

$$\tilde{V}_C(x, y) = \{D_{2^j}^1 C(x, y), D_{2^j}^2 C(x, y), D_{2^j}^3 C(x, y)\}$$

En un modo de realización particular de la invención, se considera la imagen en el espacio de representación RGB, y los vectores son definidos para cada componente (R, G y B) a partir de los coeficientes de pequeñas ondas de la 4ª escala de descomposición (r=4):

$$\tilde{V}_R(x, y) = \{D_{2^j}^1 R(x, y), D_{2^j}^2 R(x, y), D_{2^j}^3 R(x, y)\},$$

$$\tilde{V}_G(x, y) = \{D_{2^j}^1 G(x, y), D_{2^j}^2 G(x, y), D_{2^j}^3 G(x, y)\},$$

$$\tilde{V}_B(x, y) = \{D_{2^j}^1 B(x, y), D_{2^j}^2 B(x, y), D_{2^j}^3 B(x, y)\}$$

3.2 Cálculo de las distancias, vectores de referencia y vector marcado

Para cada coordenada de las imágenes en detalles, son calculadas las distancias entre vectores dos a dos:

$$D_{A,B}(x, y) = |\tilde{V}_A(x, y) - \tilde{V}_B(x, y)|$$

$$D_{A,C}(x, y) = |\tilde{V}_A(x, y) - \tilde{V}_C(x, y)|$$

$$D_{B,C}(x, y) = |\tilde{V}_B(x, y) - \tilde{V}_C(x, y)|$$

La distancia más grande es definida por los dos vectores de referencia $\bar{V}_{R_1}$ 51 y $\bar{V}_{R_2}$ 52 (ver figura 5). Este constituirá el tercer vector 53 que será marcado.

ES 2 270 323 T3

Así, si $D_{A,B}(x,y) > D_{A,C}(x,y)$ y $D_{A,B}(x,y) > D_{B,C}(x,y)$, entonces $\bar{V}_A(x,y)$ y $\bar{V}_C(x,y)$ son los vectores de referencia y $\bar{V}_C(x,y)$ es el vector que portará la marca.

Si $D_{A,C}(x,y) > D_{A,B}(x,y)$ y $D_{A,C}(x,y) > D_{B,C}(x,y)$, entonces $\bar{V}_A(x,y)$ y $\bar{V}_C(x,y)$ son los vectores de referencia y $\bar{V}_B(x,y)$ es el vector que portará la marca.

Si $D_{B,C}(x,y) > D_{A,B}(x,y)$ y $D_{B,C}(x,y) > D_{A,C}(x,y)$, entonces $\bar{V}_B(x,y)$ y $\bar{V}_C(x,y)$ son los vectores de referencia y $\bar{V}_A(x,y)$ es el vector que portará la marca.

En un modo de realización particular de la invención, las distancias entre los vectores son calculadas, dos a dos, para cada una de las 256 coordenadas posibles (16*16 coeficientes de pequeñas ondas en las imágenes en detalles).

$$D_{R,G}(x,y) = |\bar{V}_R(x,y) - \bar{V}_G(x,y)|$$

$$D_{R,B}(x,y) = |\bar{V}_R(x,y) - \bar{V}_B(x,y)|$$

$$D_{G,B}(x,y) = |\bar{V}_G(x,y) - \bar{V}_B(x,y)|$$

Si $D_{R,G}(x,y) > D_{R,B}(x,y)$ y $D_{R,G}(x,y) > D_{G,B}(x,y)$, entonces $\bar{V}_R(x,y)$ y $\bar{V}_G(x,y)$ son los vectores de referencia y $\bar{V}_B(x,y)$ es el vector que portará la marca.

Si $D_{R,B}(x,y) > D_{R,G}(x,y)$ y $D_{R,B}(x,y) > D_{G,B}(x,y)$, entonces $\bar{V}_R(x,y)$ y $\bar{V}_B(x,y)$ son los vectores de referencia y $\bar{V}_G(x,y)$ es el vector que portará la marca.

Si $D_{G,B}(x,y) > D_{R,G}(x,y)$ y $D_{G,B}(x,y) > D_{R,B}(x,y)$, entonces $\bar{V}_G(x,y)$ y $\bar{V}_B(x,y)$ son los vectores de referencia y $\bar{V}_R(x,y)$ es el vector que portará la marca.

3.3 Definición y selección de la convención de marcaje

Para cada coordenada de las imágenes en detalles, se busca conocer el número de veces que los vectores $\bar{V}_A(x,y)$, $\bar{V}_B(x,y)$ y $\bar{V}_C(x,y)$ son utilizados como referencia. Esta etapa permite así seleccionar la mejor convención para la operación de inserción (vea las figuras 6a a la 6c), para minimizar el conflicto que será explicado más en detalle en §3.5.

Si $\bar{V}_A(x,y)$ es el vector menos utilizado como referencia, se selecciona la convención 3, ilustrada en la figura 6c.

Si $\bar{V}_B(x,y)$ es el vector menos utilizado como referencia, se selecciona la convención 1, ilustrada en la figura 6a.

Si $\bar{V}_C(x,y)$ es el vector menos utilizado como referencia, se selecciona la convención 2, ilustrada en la figura 6b.

Así, en el caso de la imagen “Casa” ilustrada en las figuras 8a (imagen original) y 8b (imagen marcada), el vector $\bar{V}_R(x,y)$ es utilizado 235 veces como vector de referencia, el vector $\bar{V}_G(x,y)$, 108 veces y el vector $\bar{V}_B(x,y)$, 169 veces. Para minimizar el conflicto, se utiliza por consiguiente la convención 1, presentada en la figura 6a.

Sin embargo, es aconsejado hacer una selección precisa en el caso de las imágenes de pequeño tamaño. La selección automática de la convención de marcaje es mejor adaptada a las imágenes de gran tamaño (al menos algunos miles de píxeles).

3.4 Operación de inserción

El marcaje consiste en modificar el vector situando su extremo más cercano al extremo de uno de los dos vectores de referencia, en función del valor de la marca (0 ó 1), y esto para cada coordenada 50, tal como es ilustrado por la figura 5. Se denotan $\bar{V}_{R1}(x,y)$ y $\bar{V}_{R2}(x,y)$ (51 y 52) los dos vectores de referencia y $\bar{V}_M(x,y)$ el vector a marcar 53.

De forma general, el marcaje se presenta en la forma:

$$\bar{V}_{M,w}(x,y) = \bar{V}_R(x,y) - (1 - F_M)(\bar{V}_R(x,y) - \bar{V}_M(x,y)) \quad (1)$$

con el caso siguiente: $\bar{V}_R = \bar{V}_{R1}$ o $\bar{V}_R = \bar{V}_{R2}$ siguiendo el valor de M y la convención seleccionada.

ES 2 270 323 T3

F_M representa la fuerza de marcaje aplicada al vector $\bar{V}_M(x,y)$ con $M=\{A,B,C\}$. La fuerza de marcaje puede ser así adaptada en función de las características (colorimétricas o de textura) locales de la imagen.

5 Dos casos de figura pueden presentarse, tal como es ilustrado para un caso particular por la figura 7. Siguiendo la convención seleccionada y siguiendo el valor de la marca $W(x,y)$:

- el vector $\bar{V}_M(x,y)$ 73 está ya en el medio espacio correcto donde $\bar{V}_{M,W}(x,y)$ deber ser ubicado. En ese caso, la fórmula (1) puede ser aplicada directamente a $\bar{V}_M(x,y)$ 73.

10 Este caso de figura es ilustrado en la figura 7, considerando el caso particular donde $W(x,y)=1$, y donde la convención impone que $\bar{V}_{M,W}(x,y)$ esté en el medio espacio conteniendo $\bar{V}_{R2}(x,y)$ 72.

- el vector $\bar{V}_M(x,y)$ 73 no está en el medio espacio correcto donde $\bar{V}_{M,W}(x,y)$ debe ser ubicado. En ese caso, antes de aplicar la fórmula (1) en $\bar{V}_M(x,y)$ 73, es necesario modificar la posición del extremo de ese vector. Para ello, hay que desplazar ese extremo en una dirección colineal al vector $\bar{V}_{col}(x,y) = \bar{V}_{R1}(x,y) - \bar{V}_{R2}(x,y)$, a una distancia $(D_m + \varepsilon)$, donde D_m es equivalente a la distancia entre $\bar{V}_M(x,y)$ 73 y (P_M) (donde P_M es la frontera entre los dos medios espacios asociados a cada uno de los vectores de referencia 71 y 72). Se selecciona preferiblemente ε igual a 10% de D_m , de forma que $\bar{V}_M(x,y)$ 73 no sea confundido con (P_M) .

20 Este caso de figura es ilustrado en la figura 7, considerando el caso particular donde $W(x,y)=0$, y donde la convención impone que $\bar{V}_{M,W}(x,y)$ esté en el medio espacio conteniendo $\bar{V}_{R1}(x,y)$ 71.

25 Se notará que en el caso donde $F_M=0$, el marcaje es de resistencia mínima. El vector $\bar{V}_M(x,y)$ 73 deviene $\bar{V}_{M,W}(x,y)$ por simple desplazamiento (si es necesario) en el medio espacio correspondiente a las posiciones de los vectores de referencia 71 y 72, al valor de la marca y a la convención seleccionada. De esta forma la imagen es degradada al mínimo.

30 En el caso donde $F_M = 1$, la fuerza de marcaje es máxima. La marca es muy resistente, pero tiene una gran probabilidad de ser visible. $\bar{V}_{M,W}(x,y)$ se confunde entonces en uno de los vectores de referencia 71 y 72 en función de la situación anteriormente indicada.

El hecho de seleccionar un valor intermedio a F_M permite controlar la relación entre invisibilidad y resistencia de la marca.

35 3.5. Conflicto

Los esquemas de convención de marcaje definen el sentido de marcaje para cada uno de los casos de figuras posibles. En el caso donde la fuerza de marcaje $F_M=1$, es decir que es máxima, el vector marcado deviene igual a un vector de referencia.

40 Así, en las figuras 6a a la 6c, se destaca que, para cada una de las convenciones, los bits de la marca son opuestos para una de las ramas de los triángulos de convención. Entonces es posible un conflicto. En efecto, durante la transmisión de la imagen marcada o de los procesamientos que la misma puede sufrir, los dos vectores confundidos pueden ser sensiblemente modificados. Entonces resulta posible que el vector de referencia devenga el vector marcado y viceversa.

50 Durante la detección de la marca (que será descrita más detalladamente en el §5 más adelante), entonces pueden ser integrados errores de detección debido a ese conflicto. El conflicto es minimizado si la convención seleccionada minimiza ese caso de figura. La etapa de selección de la convención propuesta en el §4.3 anterior es por consiguiente particularmente importante.

En el caso de un conflicto, la operación de marcaje deviene:

$$55 \quad \bar{V}_{M,W}(x,y) = \bar{V}_R(x,y) - \text{beta} \cdot (1 - F_M) (\bar{V}_R(x,y) - \bar{V}_M(x,y))$$

donde $\text{beta} < 1$.

60 Así la selección de la convención permite minimizar el número de conflictos, y los errores debidos a los conflictos son así minimizados por la aplicación de un factor beta en la operación de marcaje.

65 En un modo de realización particular de la invención, las fuerzas de marcaje utilizadas son las siguientes: $F_R=0,4$ (para el componente rojo); $F_G=0,4$ (para el componente verde); $F_B=0,8$ (para el componente azul), con $\text{beta}=0,9$ (en caso de conflicto).

3.6. Reconstrucción de la imagen

La imagen es seguidamente reconstruida por transformación inversa en pequeñas ondas, teniendo en cuenta coeficientes modificados por el marcaje. Así, la figura 8b ilustra la imagen “casa” marcada, reconstruida por transformación inversa en pequeñas ondas, y la figura 8a presenta la misma imagen antes del marcaje.

4. Detección de la marca

En lo adelante se describen las diferentes operaciones puestas en práctica cuando se busca detectar una marca en una imagen en colores marcada de acuerdo con la invención. En efecto, después del procesamiento de la marca (transmisión, compresión JPEG, filtrado medio y adición de ruido), la marca puede ser detectada.

4.1 Descomposición en pequeñas ondas

La operación de descomposición en el campo de las pequeñas ondas de la imagen marcada es idéntica a la efectuada en el marco del marcaje, presentada en el párrafo 1 anteriormente.

4.2 Definición de los vectores y selección de la convención

Del mismo modo, las operaciones de definición de los vectores y de selección de la convención de marcaje son idénticas a las definidas anteriormente en los párrafos 3.1, 3.2, y 3.3.

4.3 Recuperación de un bit de la marca detectada

Para cada coordenada, se verifica la proximidad entre el vector marcado y los dos vectores de referencia. Siguiendo la convención seleccionada, es posible reconocer el valor del bit integrado. La tabla 1 a continuación presenta todos los casos de figura posibles en la reconstrucción de la marca. La marca es así reconstruida bit por bit.

	Convención 1	Convención 2	Convención 3
$ \vec{V}_A(x, y) - \vec{V}_B(x, y) < \vec{V}_A(x, y) - \vec{V}_C(x, y) $	0	0	1
$ \vec{V}_A(x, y) - \vec{V}_C(x, y) < \vec{V}_A(x, y) - \vec{V}_B(x, y) $	1	1	0
$ \vec{V}_B(x, y) - \vec{V}_A(x, y) < \vec{V}_B(x, y) - \vec{V}_C(x, y) $	0	1	1
$ \vec{V}_B(x, y) - \vec{V}_C(x, y) < \vec{V}_B(x, y) - \vec{V}_A(x, y) $	1	0	0
$ \vec{V}_C(x, y) - \vec{V}_A(x, y) < \vec{V}_C(x, y) - \vec{V}_B(x, y) $	0	1	0
$ \vec{V}_C(x, y) - \vec{V}_B(x, y) < \vec{V}_C(x, y) - \vec{V}_A(x, y) $	1	0	1

4.4 Reconstrucción de la firma

La firma detectada es después reconstruida a partir de la marca detectada. Para ello, el promedio de los bits de la marca correspondiente a una coordenada de la firma es efectuado, según un principio similar al utilizado durante la construcción de la marca descrita en el párrafo 2. Así, la firma detectada $\hat{S}$ es reconstruida, bit por bit.

En otros términos, para cada coordenada de las imágenes en detalles, se comienza por detectar cada bit de la marca, apoyándose en la tabla anterior, que indica el valor del bit insertado, para cada una de las convenciones de las figuras 6a a la 6c, en función de las distancias entre vectores.

En un modo de realización particular de la invención, la firma $\hat{S}$ de 16 bits es seguidamente reconstruida por el cálculo del promedio de los 16 valores de la marca para cada coordenada correspondiente, siguiendo la forma de la redundancia definida en el párrafo 2.

4.5 Reconocimiento de la firma marcada en relación con la firma inicial

Queda por definir la tasa de correspondencia entre la firma inicial y la firma detectada. Para ello, se efectúa el cálculo de la correlación entre las dos firmas S y $\hat{S}$ mediante la operación siguiente:

$$cc(S, \hat{S}) = \frac{\sum S(x, y) * \hat{S}(x, y)}{\sqrt{\sum S^2(x, y)} \sqrt{\sum \hat{S}^2(x, y)}}$$

Las dos firmas correspondientes si $cc(S, \hat{S}) \geq T$, donde T constituye el umbral de decisión para la correspondencia de las firmas.

Este cálculo de correlación permite definir la tasa de similitud entre la firma original S y la firma detectada $\hat{S}$. En un modo de realización particular de la invención, se fija el umbral T en 0,7, de manera que se considera que si $cc(S, \hat{S}) \geq 0,7$, la firma detectada corresponde a la firma original.

Como fue indicado anteriormente, las figuras 8a y 8b presentan una imagen original, y la imagen marcada correspondiente, según los parámetros del modo de realización particular de la invención expuesta anteriormente.

Las figuras 9a a la 9c ilustran, en forma gráfica, los resultados de las pruebas de resistencia de la marca insertada sobre la imagen "casa" de las figuras 8a y 8b. Los gráficos de las figuras 9a a la 9c corresponden respectivamente a las pruebas de la marca ante ataques de compresión JPEG, y a la adición de ruido y al filtrado medio, y representan el promedio de 20 mediciones (utilización de 20 claves K diferentes) para cada ataque. Como pueden apreciar, los resultados son estables, y la resistencia de la técnica de marcación con filigrana de la invención contra esos ataques es muy buena.

Anexo 1

Esbozo sobre la teoría de las pequeñas ondas

1. Introducción

La teoría de las pequeñas ondas permite aproximar una función (curva, superficie, etc.) a diferentes resoluciones. Así, esta teoría permite describir una función en forma de una aproximación amplia y de una serie de detalles que permite reconstruir perfectamente la función original.

Tal representación multi-resolución (Mallat S., "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: the Wavelet Representation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No.7, Julio 1989, pp. 674-693) de una función permite por consiguiente interpretar de forma jerárquica la información contenida en la función. Para hacerlo, esa información es reorganizada en un conjunto de detalles apareciendo en diferentes resoluciones. Partiendo de una secuencia de resoluciones crecientes $(r_j)_{j \in \mathbb{Z}}$, los detalles de una función en la resolución r_j son definidos como la diferencia de información entre su aproximación en la resolución r_j y su aproximación en la resolución r_{j+1} .

2. Denotaciones

Antes de presentar más en detalle los fundamentos del análisis multi-resolución, en esta sección se presentan las denotaciones utilizadas.

- ❖ Los conjuntos de números enteros y reales son respectivamente denotados $\mathbb{Z}$ y $\mathbb{R}$.
- ❖ $L^2(\mathbb{R})$ denota el espacio vectorial de las funciones unidimensionales $f(x)$ medibles e integrables.
- ❖ Para $f(x) \in L^2(\mathbb{R})$ y $g(x) \in L^2(\mathbb{R})$, el producto escalonado de $f(x)$ y $g(x)$ es definido por:

$$\langle f(x), g(x) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u)g(u)du.$$

- ❖ Para $f(x) \in L^2(\mathbb{R})$ y $g(x) \in L^2(\mathbb{R})$, la convolución de $f(x)$ y $g(x)$ es definida por:

$$f * g(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u)g(x-u)du.$$

- ❖ $L^2(\mathbb{R}^2)$ denota el espacio vectorial de las funciones $f(x, y)$ de dos variables medibles e integrables.
- ❖ Para $f(x, y) \in L^2(\mathbb{R}^2)$ y $g(x, y) \in L^2(\mathbb{R}^2)$, el producto escalonado de $f(x, y)$ y $g(x, y)$ es definido por:

$$\langle f(x, y), g(x, y) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(u, v)g(u, v)dudv.$$

3. Propiedades del análisis multi-resolución

En esta sección, se presentan de manera intuitiva las propiedades deseadas del operador permitiendo el análisis multi-resolución de una función. Esas propiedades son resultado de los trabajos de Mallat S., en "A Theory for Multi-resolution Signal Decomposition: the Wavelet Representation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No.7, julio 1989, pp. 674-693. Sea A_{2^j} el operador que aproxima una función $f(x) \in L^2(\mathbb{R})$ en la resolución $2^j (j \geq 0)$ (o sea $f(x)$ es definida por 2^j muestras).

Las propiedades esperadas de A_{2^j} son las siguientes:

1. A_{2^j} es un operador lineal. Si $A_{2^j}f(x)$ representa la aproximación de $f(x)$ en la resolución 2^j , entonces $A_{2^j}f(x)$ no debe ser modificado cuando se aproxima de nuevo en la resolución 2^j . Ese principio se escribe $A_{2^j} \circ A_{2^j} = A_{2^j}$ y muestra que el operador A_{2^j} es un operador de proyección en un espacio vectorial $V_{2^j} \subset L^2(\mathbb{R})$. Ese espacio vectorial puede ser interpretado como el conjunto de todas las aproximaciones posibles en la resolución 2^j de las funciones de $L^2(\mathbb{R})$.
2. Entre todas las aproximaciones posibles de $f(x)$ en la resolución 2^j , $A_{2^j}f(x)$ es la más similar a $f(x)$. El operador A_{2^j} es por consiguiente una proyección ortogonal sobre V_{2^j} .
3. La aproximación de una función en la resolución 2^{j+1} contiene toda la información necesaria para calcular la misma función en la resolución inferior 2^j . Esa propiedad de causalidad induce la relación siguiente:

$$\forall j \in \mathbb{Z}, V_{2^j} \subset V_{2^{j+1}}.$$

4. La operación de aproximación es la misma en todas las resoluciones. Los espacios de las funciones aproximadas pueden ser derivados los unos de los otros por un cambio de escala correspondiente a la diferencia de resolución:

$$\forall j \in \mathbb{Z}, f(x) \in V_{2^j} \Leftrightarrow f(2x) \in V_{2^{j+1}}.$$

5. Cuando se calcula una aproximación de $f(x)$ en la resolución 2^j una parte de la información contenida en $f(x)$ se pierde. Sin embargo, cuando la resolución tiende al infinito, la función aproximada debe converger hacia la función $f(x)$ original. De la misma forma, cuando la resolución tiende a cero, la función aproximada contiene menos información y debe converger a cero.

Todo espacio vectorial $(V_{2^j})_{j \in \mathbb{Z}}$ que satisfaga el conjunto de estas propiedades es llamado aproximación multi-resolución de $L^2(\mathbb{R})$.

4. Análisis multi-resolución de una función unidimensional

4.1 Investigación de una base de V_{2^j}

Como fue indicado anteriormente, el operador de aproximación A_{2^j} es una proyección ortogonal sobre el espacio vectorial V_{2^j} . A fin de caracterizar numéricamente ese operador, hay que encontrar una base ortonormal de V_{2^j} .

Siendo V_{2^j} un espacio vectorial conteniendo las aproximaciones de funciones de $L^2(\mathbb{R})$ en la resolución 2^j toda función $f(x) \in V_{2^j}$ puede ser vista como un vector con 2^j componentes. Es necesario por consiguiente encontrar 2^j funciones de base.

Uno de los teoremas principales de la teoría de las pequeñas ondas estipula que existe una función única $\Phi(x) \in L^2(\mathbb{R})$, llamada función escala, a partir de la cual se pueden definir 2^j funciones de base $\Phi_i^j(x)$ de V_{2^j} , por dilatación y traslación de $\Phi(x)$:

$$\Phi_i^j(x) = \Phi(2^j x - i), i=0, \dots, 2^j-1$$

Aproximar una función $f(x) \in L^2(\mathbb{R})$ en la resolución 2^j vuelve por consiguiente a proyectar de forma ortogonal $f(x)$ sobre las 2^j funciones de base $\Phi_i^j(x)$. Esa operación consiste en calcular el producto escalonado de $f(x)$ con cada una de las 2^j funciones de base $\Phi_i^j(x)$.

$$\begin{aligned}
 A_{2^j} f(x) &= \sum_{k=0}^{2^j-1} \langle f(u), \Phi_k^j(u) \rangle \Phi_k^j(x) \\
 &= \sum_{k=0}^{2^j-1} \langle f(u), \Phi(2^j u - k) \rangle \Phi(2^j u - k).
 \end{aligned}$$

Se puede mostrar que $A_{2^j} f(x)$ puede ser reducida a la convolución de $f(x)$ con el filtro de paso bajo $\Phi(x)$, evaluada en el punto k :

$$A_{2^j} f = (f(u) * \Phi(-2^j u))(k), k \in \mathbb{Z}.$$

Como $\Phi(x)$ es un filtro de paso bajo, $A_{2^j} f$ puede ser interpretado como un filtro de paso bajo seguido de un submuestreo uniforme.

4.2 Construcción del análisis multi-resolución

En la práctica, las funciones f a aproximar (señal, imagen, etcétera) son discretas. Supongamos que la función $f(x)$ original sea definida en $n=2^k (k \in \mathbb{Z})$ muestras. La resolución máxima de $f(x)$ es entonces n .

Sea $A_n f$ la aproximación discreta de $f(x)$ en la resolución n . La propiedad de causalidad (ver §3 anteriormente) pretende que se pueda calcular $A_{2^j} f$ a partir de $A_n f$ para todo $j < k$.

En efecto, calculando la proyección de las 2^j funciones de base $\Phi_i^j(x)$ de V_{2^j} en $V_{2^{j+1}}$, se puede mostrar que $A_{2^j} f$ puede ser obtenido convolucionando $A_{2^{j+1}} f$ con el filtro de paso bajo correspondiente a la función escala y submuestreando el resultado de un factor 2:

$$A_{2^j} f(u) = \sum_{k=0}^{2^{j+1}-1} h(k-2u) A_{2^{j+1}} f(k), 0 \leq u < 2^j - 1$$

con $h(n) = (\Phi(2u), \Phi(u-n)), \forall n \in \mathbb{Z}$.

4.3 La función en detalle

Como fue mencionado en la propiedad (5) del párrafo 3, la operación que consiste en aproximar una función $f(x)$ en una resolución 2^j a partir de una aproximación en la resolución 2^{j+1} genera una pérdida de información. Esa pérdida de información está contenida en una función llamada función en detalle en la resolución 2^j y denotada $D_{2^j} f$. Hay que señalar que el conocimiento de $D_{2^j} f$ y $A_{2^j} f$ permite reconstruir perfectamente la función aproximada $A_{2^{j+1}} f$.

La función en detalle en la resolución 2^j es obtenida proyectando de manera ortogonal la función original $f(x)$ en el complemento ortogonal de V_{2^j} en $V_{2^{j+1}}$. Sea W_{2^j} ese espacio vectorial.

Para calcular numéricamente esa proyección, hay que encontrar una base ortonormal de W_{2^j} es decir 2^j funciones de base. Otro teorema importante de la teoría de las pequeñas ondas estipula que a partir de una función escala $\Phi(x)$, es posible definir 2^j funciones de base de W_{2^j} . Esas funciones de base $\Psi_i^j(x)$ son obtenidas por dilatación y traslación de una función $\Psi(x)$ llamada función de pequeña onda:

$$\Psi_i^j(x) = \Psi(2^j x - i), i=0, \dots, 2^j - 1$$

De la misma forma que para la construcción de la aproximación $A_{2^j} f$, se puede mostrar que $D_{2^j} f$ puede ser obtenida por una convolución de la función original $f(x)$ con el filtro de paso alto $\Psi(x)$ seguido por un sub-muestreo de un factor 2^j :

$$D_{2^j} f = (f(u) * \Psi(-2^j u))(k), k \in \mathbb{Z}$$

4.4 Extensión del análisis multi-resolución de funciones bi-dimensionales

En esta sección, se presenta la manera de extender el análisis multi-resolución por pequeñas ondas en las funciones de $L^2(\mathbb{R}^2)$ como las imágenes.

Para hacerlo, se utilizan los mismos teoremas utilizados anteriormente. Así, si se denota V_{2^j} el espacio vectorial de las aproximaciones de $L^2(\mathbb{R}^2)$ en la resolución 2^j , se puede mostrar que se puede encontrar una base ortonormal de V_{2^j} dilatando y trasladando una función escala $\Phi(x,y) \in L^2(\mathbb{R}^2)$:

$$\Phi_{i,j}^j(x,y) = \Phi(2^j x - i, 2^j y - j), (i,j) \in \mathbb{Z}^2$$

En el caso particular de las aproximaciones separables de $L^2(\mathbb{R}^2)$, se tiene $\Phi(x,y) = \Phi(x)\Phi(y)$ donde $\Phi(x)$ es una función escala de $L^2(\mathbb{R})$. En ese caso, el análisis multi-resolución de una función de $L^2(\mathbb{R}^2)$ es efectuado tratando de forma secuencial y separable cada una de las dimensiones x y y .

Como en el caso unidimensional, la función en detalle en la resolución 2^j es obtenida por una proyección ortogonal de $f(x,y)$ sobre el complemento de V_{2^j} en $V_{2^{j+1}}$ denotado W_{2^j} . En el caso bidimensional, se puede mostrar que si se denota $\Psi(x)$ la función de pequeña onda asociada a la función escala $\Phi(x)$, entonces las tres funciones definidas por:

$$\Psi^1(x,y) = \Phi(x)\Psi(y)$$

$$\Psi^2(x,y) = \Psi(x)\Phi(y)$$

$$\Psi^3(x,y) = \Psi(x)\Psi(y)$$

son funciones de pequeñas ondas de $L^2(\mathbb{R}^2)$. Dilatando y trasladando esas tres funciones de pequeñas ondas, se obtiene una base ortonormal de W_{2^j} :

$$\Psi_j^1(x,y) = \Phi\Psi(2^j x - k, 2^j y - l)$$

$$\Psi_j^2(x,y) = \Psi\Phi(2^j x - k, 2^j y - l)$$

$$\Psi_j^3(x,y) = \Psi\Psi(2^j x - k, 2^j y - l).$$

La proyección de $f(x,y)$ sobre tres funciones de base de W_{2^j} da tres funciones en detalles:

$$D_{2^j}^1 f = f(x,y) * \Phi^j(-x)\Psi_j(-y)$$

$$D_{2^j}^2 f = f(x,y) * \Psi^j(-x)\Phi_j(-y)$$

$$D_{2^j}^3 f = f(x,y) * \Psi^j(-x)\Psi_j(-y)$$

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de filigrana de una imagen (10) en colores, que presenta tres componentes (A,B,C), **caracterizado** porque comprende una etapa de inserción de una marca de filigrana (W), en al menos un punto (50) de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción que tiene en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente ($\bar{V}_A$, $\bar{V}_B$, $\bar{V}_C$), para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.
2. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque se selecciona, para cada uno de dichos puntos referidos, dos vectores como vectores de referencia (51, 52; 71, 72) y un vector a marcar (53; 73) para portar dicha marca de filigrana.
3. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho vector a marcar (53; 73) es el vector central, encontrándose entre dichos vectores de referencia (51, 52; 71, 72).
4. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque se calculan las distancias dos a dos entre dichos tres vectores, siendo dichos vectores de referencia los más distantes uno del otro.
5. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque se determina una frontera (P_M) entre dichos vectores de referencia, que definen dos zonas asociadas respectivamente a los valores binarios "0" y "1".
6. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque dicha frontera (P_M) es definida por la bisectriz entre dichos vectores de referencia (71, 72).
7. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, **caracterizado** porque el marcaje de dicho vector a marcar comprende un desplazamiento eventual de dicho vector a marcar en una de dichas zonas, según el valor binario de marcaje a aplicar.
8. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque dicho desplazamiento tiene una amplitud variable, función de una fuerza de marcaje (F_M) seleccionada en función de al menos una característica local de dicha imagen.
9. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado** porque el marcaje de dicho vector a marcar comprende un desplazamiento eventual de dicho vector a marcar hacia uno u otro de dichos vectores de referencia, según el valor binario de marcaje a aplicar.
10. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque comprende igualmente una etapa de transformación en pequeñas ondas de cada uno de dichos componentes de la imagen, y porque dichos tres vectores de componentes están determinados, para cada punto de al menos un nivel de descomposición de dicha transformación en pequeñas ondas, para cada uno de dichos componentes respectivamente.
11. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque se prevén al menos dos convenciones de marcaje de un vector.
12. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque se selecciona como convención de marcaje para una imagen dada aquella que limita los riesgos de conflicto durante la detección de dicha marca.
13. Procedimiento de filigrana de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado** porque se selecciona una de dichas convenciones en función de los números de vectores de referencia presente en dicha imagen para cada uno de dichos componentes.
14. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, **caracterizado** porque dicho marcaje es, al menos en ausencia de conflicto, calculado según la ecuación siguiente:

$$\bar{V}_{M.W}(x,y) = \bar{V}_R(x,y) - (1 - F_M)(\bar{V}_R(x,y) - \bar{V}_M(x,y))$$

donde $\bar{V}_M(x,y)$ es dicho vector a marcar, $\bar{V}_R(x,y)$ es uno de dichos vectores de referencia, (F_M) es dicha fuerza de marcaje y $\bar{V}_{M.W}(x,y)$ es dicho vector marcado.

15. Procedimiento de filigrana de acuerdo con las reivindicaciones 11 y 14, **caracterizado** porque, en caso de conflicto, dicho marcaje es calculado según la ecuación siguiente:

$$\bar{V}_{M,W}(x,y) = \bar{V}_R(x,y) - \text{beta} \cdot (1 - F_M)(\bar{V}_R(x,y) - \bar{V}_M(x,y)),$$

5 donde $\text{beta} < 1$.

16. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizado** porque comprende, después de dicha etapa de asociación de una marca de filigrana, una etapa de transformación inversa en pequeñas ondas, dando una imagen marcada.

17. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque dicha marca es una firma binaria pseudo-aleatoria (40) escrita de forma redundante.

18. Procedimiento de filigrana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado** porque dichos componentes pertenecen al grupo que comprende:

- los componentes RGB;
- los componentes YUV;
- los componentes CMY.

19. Dispositivo de filigrana de una imagen en colores, que presenta tres componentes, **caracterizado** porque comprende medios de inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

20. Programa de computadora que comprende instrucciones de código de programa grabado en un soporte utilizable en una computadora para la filigrana de una imagen en colores, que presenta tres componentes, **caracterizado** porque dicho programa comprende medios de programación legibles por computadora para efectuar una etapa de inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente asociados al menos a un punto.

21. Imagen en colores que presenta tres componentes y que comprende una filigrana obtenida por inserción de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de inserción teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

22. Procedimiento de detección de una filigrana en una imagen marcada, realizada de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** porque comprende una etapa de recuperación de una marca de filigrana (W), en al menos un punto (50) de la imagen, de acuerdo con una regla de recuperación teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos en un punto.

23. Procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 22, **caracterizado** porque dicha etapa de recuperación comprende una sub-etapa de cálculo de las distancias dos a dos entre dichos tres vectores, y porque los dos vectores más distantes uno del otro son vectores de referencia (51, 52; 71, 72), siendo el tercer vector el vector marcado (53; 73) que porta dicha marca de filigrana.

24. Procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 23, **caracterizado** por, una frontera (P_M) entre dichos vectores de referencia que define dos zonas asociadas respectivamente a los valores binarios "0" y "1", dicha etapa de recuperación comprende igualmente una sub-etapa de señalamiento de la zona donde se sitúa dicho vector marcado, y una etapa de asociación de un valor binario correspondiente.

25. Procedimiento de detección de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, **caracterizado** porque dicha marca es recuperada al menos dos veces, y porque se pone en práctica un cálculo de correlación con respecto a una firma de referencia (S), a fin de decidir si la filigrana es o no detectada correctamente.

26. Dispositivo de detección de una filigrana en una imagen marcada, realizado de acuerdo el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** porque comprende medios de recuperación de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de recuperación teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

ES 2 270 323 T3

27. Programa de computadora que comprende instrucciones de código de programa grabado en un soporte utilizable en una computadora para la detección de una filigrana en una imagen marcada, realizado de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18 **caracterizado** porque dicho programa comprende medios de programación legibles por computadora para efectuar una etapa de recuperación de una marca de filigrana, en al menos un punto de la imagen, de acuerdo con una regla de recuperación teniendo en cuenta la posición relativa de tres vectores de componente, para cada uno de dichos componentes respectivamente, asociados al menos a un punto.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

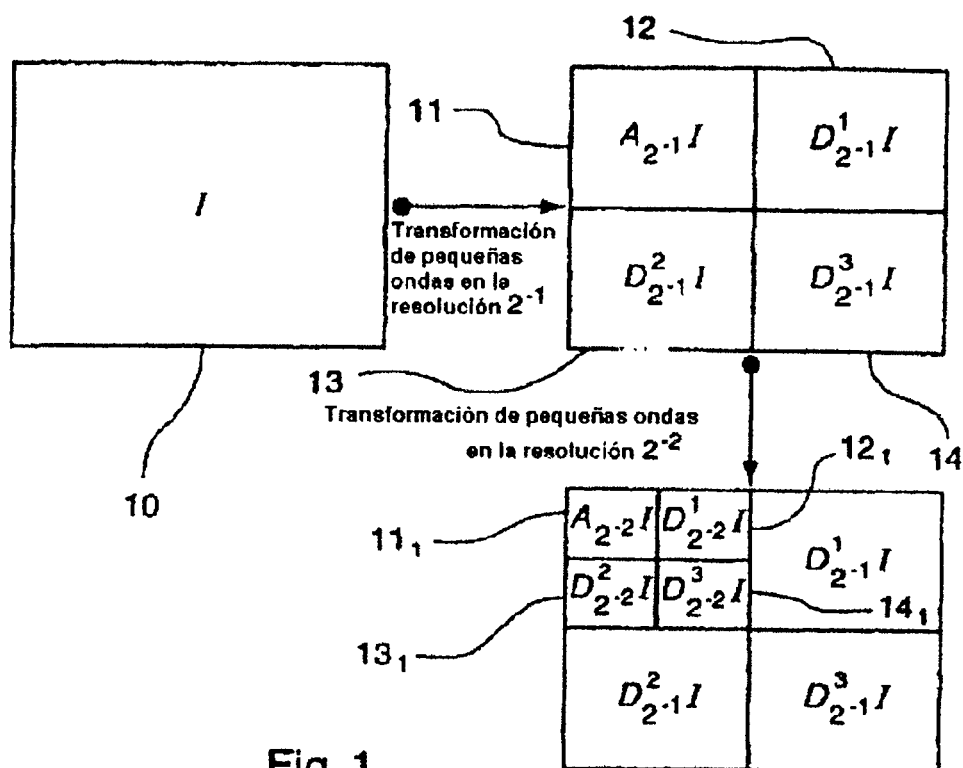


Fig. 1

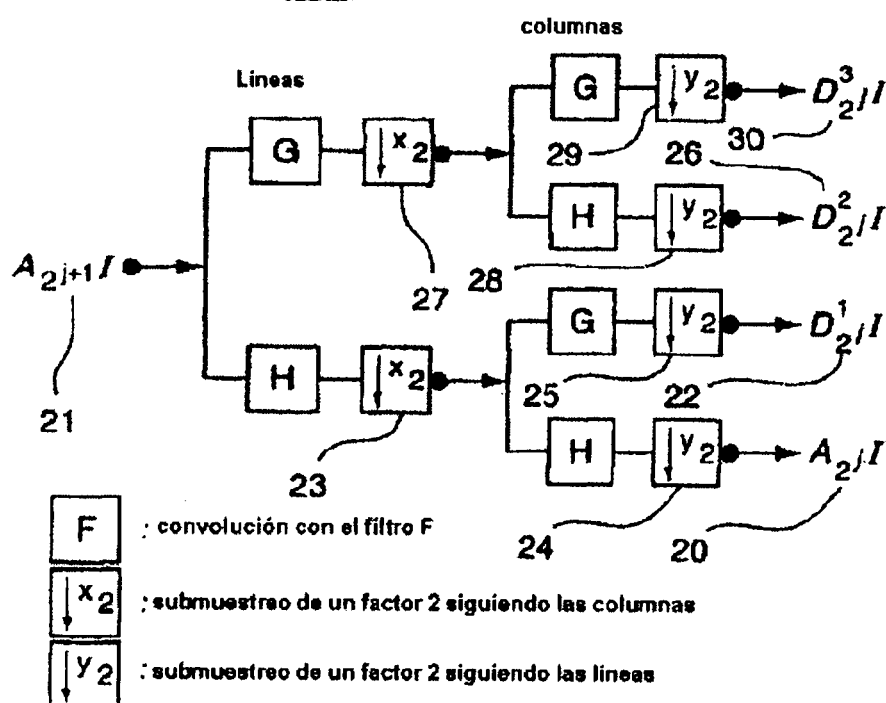


Fig. 2

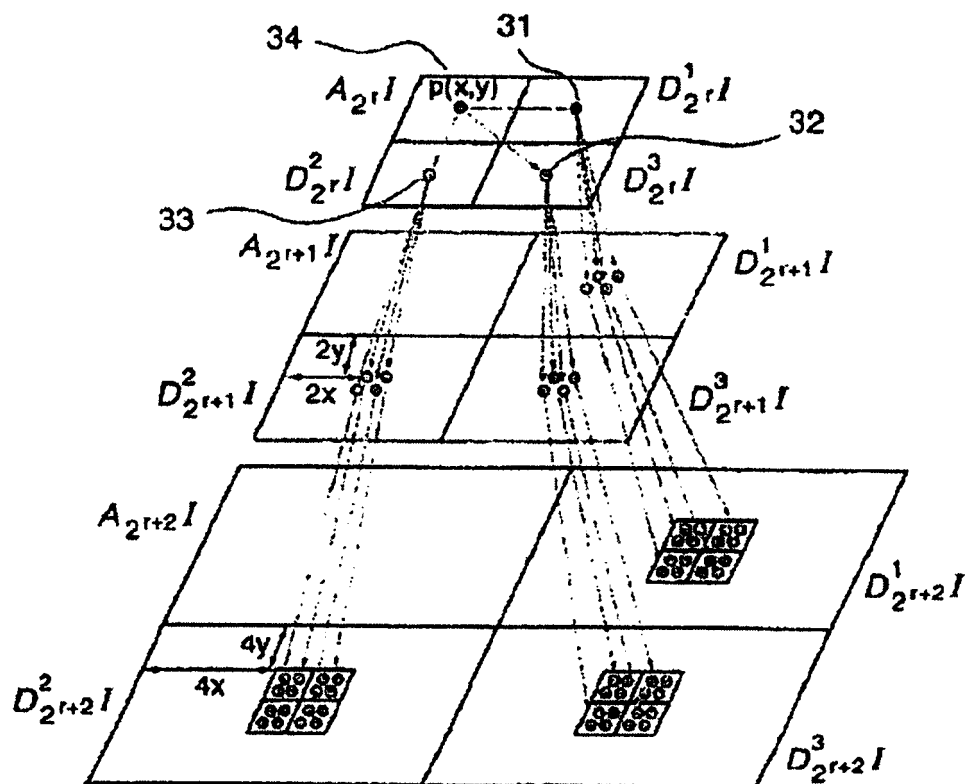


Fig. 3

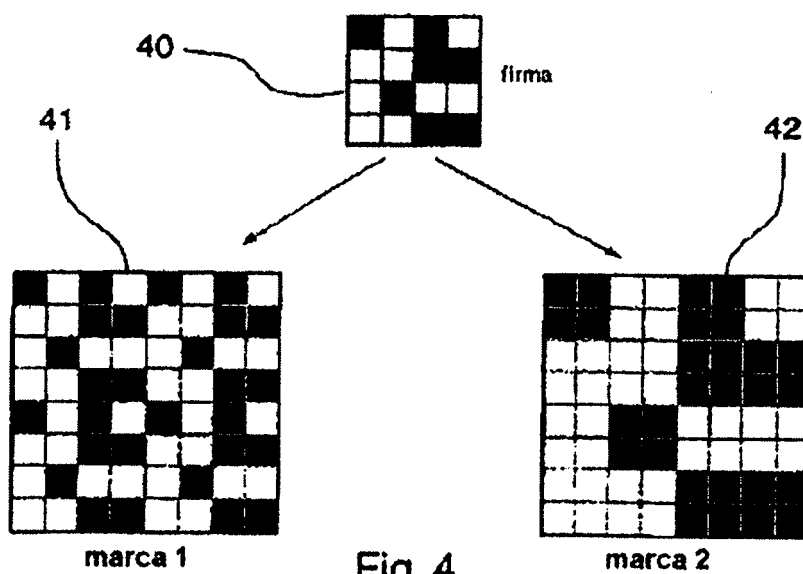
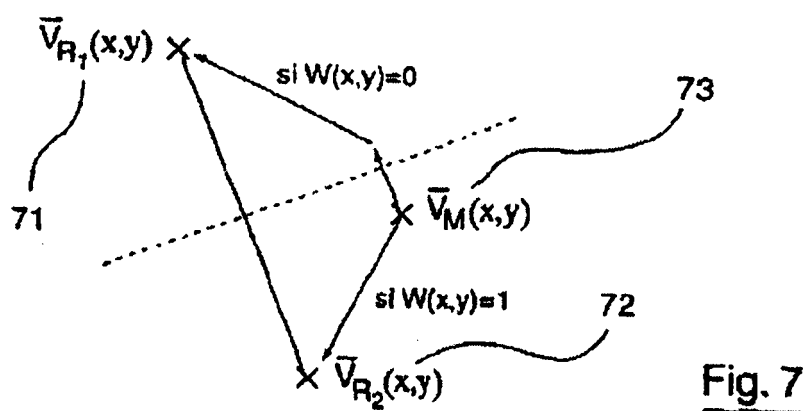
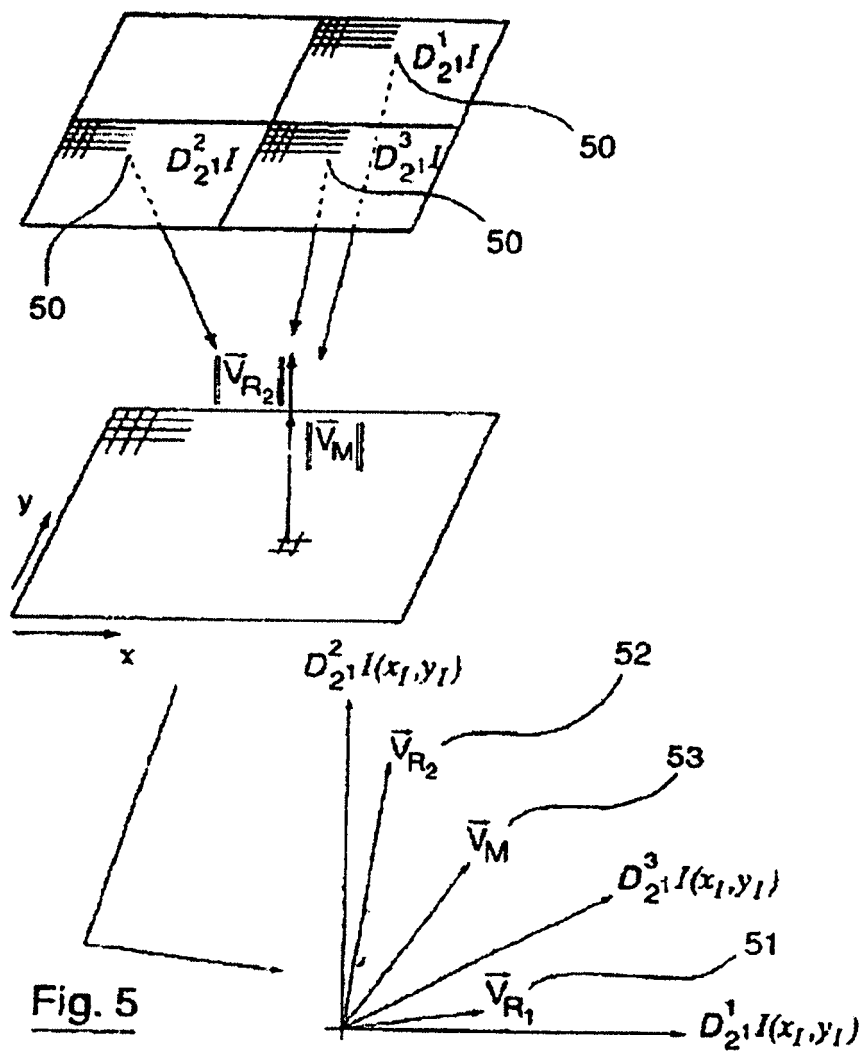


Fig. 4



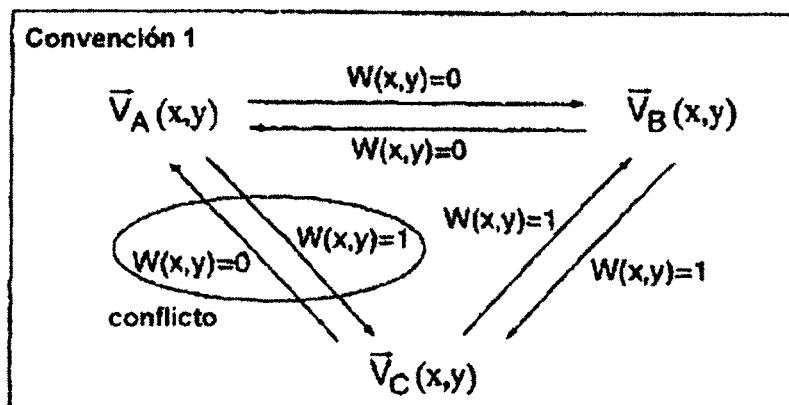


Fig. 6a

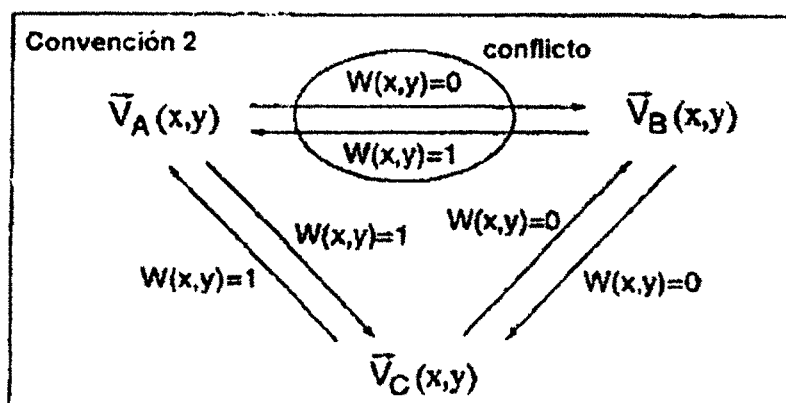


Fig. 6b

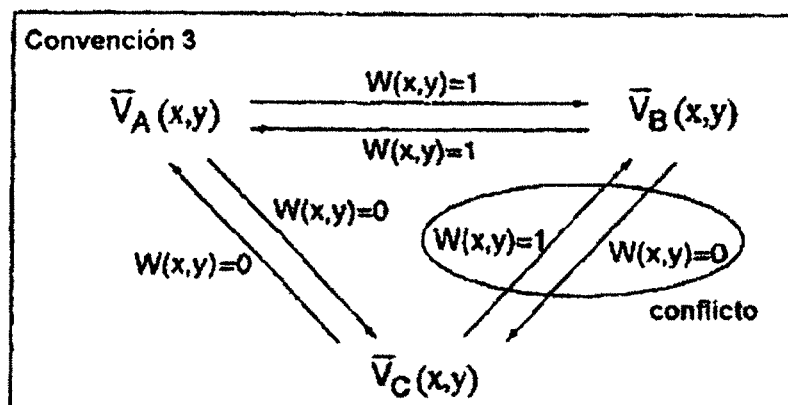


Fig. 6c

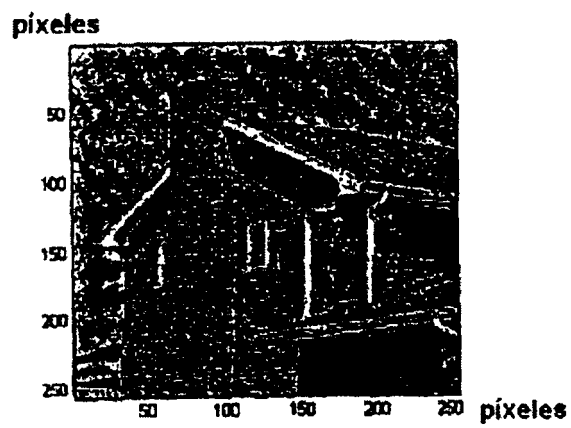


Fig. 8a

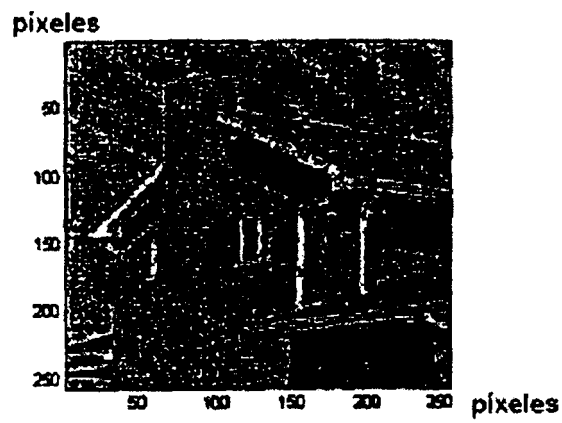


Fig. 8b

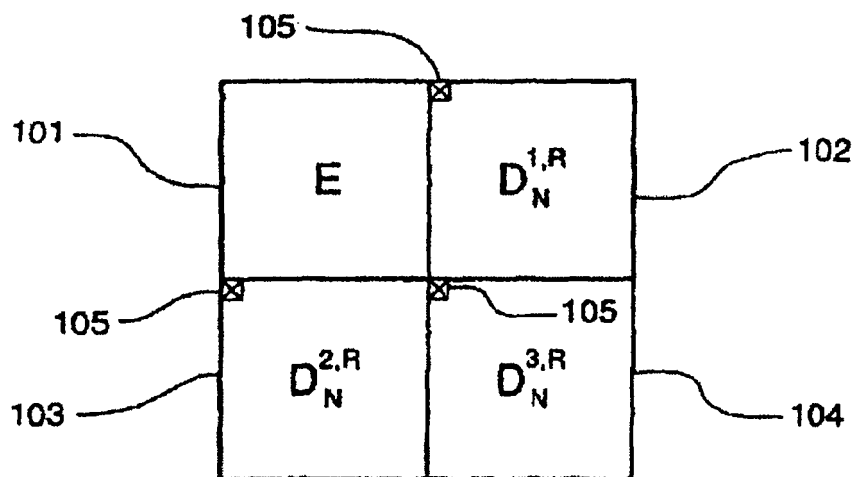


Fig. 10

