

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 146**

21 Número de solicitud: 201631625

51 Int. Cl.:

G06K 19/06 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

20.12.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.06.2017

Fecha de la concesión:

20.04.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

27.04.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT D'ALACANT / UNIVERSIDAD DE
ALICANTE (100.0%)**

**Edificio Torre de Control. Crta. San Vicente del
Raspeig, s/n**

03690 SAN VICENTE DEL RASPEIG (Alicante) ES

72 Inventor/es:

SAEZ MARTINEZ, Juan Manuel;

ESCOLANO RUIZ, Francisco;

LOZANO ORTEGA, Miguel Angel y

PITA LOZANO, Javier

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **MÉTODO DE DETECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE MARCADORES VISUALES DE LARGO ALCANCE Y ALTA DENSIDAD**

57 Resumen:

Método de detección y reconocimiento de marcadores visuales de largo alcance y alta densidad.

La propuesta consiste en un sistema de marcadores visuales completo (diseño del marcador y procedimiento de detección) de largo alcance y alta densidad. En el diseño se utiliza un sistema de localización tradicional propio de los marcadores de largo alcance. La propuesta se centra por tanto en el sistema de codificación de la información, que en nuestro caso es un código de cuatro estados basado en color, lo cual duplica la densidad de código con respecto a los sistemas tradicionales en blanco y negro. Por otro lado, el procedimiento de detección requiere muy pocos recursos computacionales, lo cual hace que resulte muy eficiente y especialmente indicado para dispositivos móviles. El éxito de la técnica reside en gran medida en los procedimientos propuestos para el tratamiento del color.

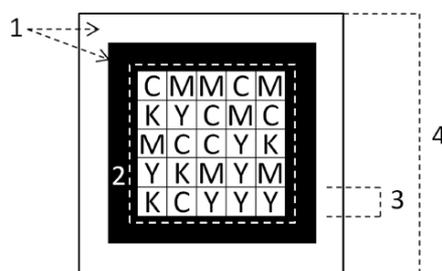


FIG.1

ES 2 616 146 B2

DESCRIPCIÓN**MÉTODO DE DETECCIÓN Y RECONOCIMIENTO DE MARCADORES VISUALES DE LARGO ALCANCE Y ALTA DENSIDAD**Objeto de la invención

5

El objeto de la presente invención es un sistema eficiente de marcadores visuales de largo alcance y alta densidad. La presente invención presenta un nuevo tipo de marcadores visuales y un método para detectarlos y reconocerlos mediante la cámara de un dispositivo móvil, con el objeto de servir de guía a discapacitados visuales.

10

Estado de la técnica

15

Un marcador artificial es un elemento que se introduce intencionadamente en una escena y que contiene algún tipo de información para etiquetarla o señalizarla. Cuando el marcador está configurado para que su información sea captada e interpretada a través de la cámara digital de un dispositivo electrónico portátil (ej. teléfono o tableta) se habla de “marcadores visuales”. A diferencia de otros marcadores unidimensionales, como los códigos de barras, los marcadores visuales suelen disponer la información en forma bidimensional.

20

Cuando un marcador visual está ideado para albergar gran cantidad de información, se habla de marcadores densos. Para albergar dicha información, los marcadores densos suelen estar compuestos por una gran cantidad de elementos visuales. Esto provoca que, para lograr una lectura correcta, la imagen deba ser nítida, estar bien iluminada y encontrarse suficientemente cerca del objetivo (típicamente 20-50 cm). Dicho de otro modo, estos marcadores no están indicados para ser captados a largas distancias ni en condiciones ópticas desfavorables, como mala iluminación del entorno, emborronamiento por movimientos bruscos de cámara, entre otros. En este grupo de marcadores se encuentran muchos ejemplos cotidianos como los códigos QR (<http://www.qrcode.com>) o el sistema *Datamatrix* [*R. Stevenson, “Laser Marking Matrix Codes on PCBs”, Printed Circuit Design and Manufacture, 2007*]. Estos códigos suelen ser dicromáticos, i.e. compuestos por elementos en blanco y negro, aunque existen excepciones como los llamados HCCB (*High Capacity Color Barcodes*, códigos de barras de color de alta capacidad), unos marcadores bidimensionales en color desarrollados por Microsoft [*D. Parikh, G. Jancke, “Localization and segmentation of a 2d high capacity color barcode”, IEEE Applications of Computer Vision, 2008*]. En este último caso, el color aporta una mayor densidad de información, pero también provoca mayores dificultades a la hora de leer el código, ya que el usuario debe

35

centrar correctamente el marcador en una zona de la imagen para que el algoritmo pueda captarlo correctamente.

5 Por otro lado, en el estado de la técnica también se conocen los “marcadores de larga distancia”, ideados para ser captados rápidamente y a grandes distancias, típicamente del orden de los 5 a 7 metros y en distintas condiciones de iluminación. Estos marcadores de larga distancia están muy generalizados en aplicaciones de realidad aumentada, aunque también se utilizan en otros contextos, como es el de la robótica móvil, a modo de *landmarks* (literalmente, marcas terrestres). Este tipo de marcadores suele albergar mucha menos
10 información que los densos, ya que al añadir información se complica la geometría del marcador, lo cual afecta gravemente a su detección a distancia.

En el estado del arte son conocidos, principalmente, tres tipos de marcadores de larga distancia. ARToolkit es el más extendido y se utiliza en aplicaciones de realidad aumentada,
15 tal y como se explica en [H. Kato, M. Billinghurst, “Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system”, *IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR), October 1999*] así como en [H. Kato, “ARToolKit: library for Vision-Based augmented reality”, *Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical Report, 2002*]. Estos marcadores se componen de un marco negro sobre fondo blanco que contiene un dibujo en blanco y negro, que sirve para distinguir un marcador de otro. Esta forma de distinción entre marcadores no es muy efectiva y se aplica, básicamente, para distinguir un marcador de cualquier otro marco negro de la escena, no para distinguir muchos marcadores entre sí. Por tanto, está básicamente limitado para aplicaciones con un único marcador. La evolución de este tipo de marcadores
20 nos ha llevado a sistemas que incorporan información, como en [E. Olson, “AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2011*] y en [S. Garrido, R. Muñoz, F.J. Madrid, M.J. Marín, “Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion” *Pattern Recognition, 2014*].

30 El sistema de localización del marcador en estos casos es el mismo, marco negro sobre fondo blanco, y difieren básicamente en la codificación que utilizan para albergar la información. En el primero se utiliza un entramado (*grid*) de 6x6 elementos dicromáticos. En estos 36 elementos se aloja un código en binario que contiene tanto el mensaje como un
35 código de detección/corrección de errores que le permite, descartando simetrías y ambigüedades, generar 500 códigos distintos. El segundo, que utiliza un entramado más

pequeño (5x5) aplica una variación de los códigos Hamming con la que se consiguen 10 bits de información (1024 combinaciones) siendo el resto ocupado por el código detector/corrector de errores.

- 5 El problema técnico que resuelve la presente invención reside en que entre los distintos tipos de marcadores no hay ningún sistema intermedio que permita detectar el marcador a grandes distancias y albergar suficiente cantidad de información.

10 Los marcadores visuales actuales son muy útiles, porque proporcionan información del entorno que se puede recoger a través de la cámara de un dispositivo móvil, sin embargo, no son plenamente útiles para el colectivo de invidentes: los marcadores informativos necesitan realizar un encuadre de cámara muy difícil de conseguir para un invidente y los de largo alcance están muy limitados en cuanto a cantidad de información como, por ejemplo, etiquetar los precios en un supermercado o las indicaciones en un aeropuerto.

15 No es la primera vez que se intenta crear un sistema de marcadores artificiales para dispositivos móviles en el marco de aplicaciones para invidentes. En [*J. Coughlan, R. Manduchi, M. Mutsuzaki, H. Shen, "Rapid and Robust Algorithms for Detecting Colour Targets", Congress of the International Colour Association, Spain, May 2005*] se encuentra un modelo de marcador propuesto exclusivamente para aplicaciones móviles para este colectivo. En este caso se trata de un modelo de marcador único que no alberga información, lo cual limita en gran medida sus aplicaciones.

Explicación de la invención

25 Es un objetivo de la presente invención un marcador visual híbrido (densos y de largo alcance) para dispositivos móviles en el contexto de guiado de invidentes. En la presente invención se plantea un método que recoja lo mejor de cada familia, esto es, que albergue una cantidad de información suficiente y que pueda ser detectado de forma eficiente en distintas condiciones de iluminación y a una distancia razonable.

30 El marcador objeto de la presente invención comparte similitudes estructurales con algunos marcadores de largo alcance como los descritos en [*E. Olson, "AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2011*] y en [*S. Garrido, R. Muñoz, F.J. Madrid, M.J. Marín, "Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion" Pattern Recognition, 2014*].

En este sentido, posee el mismo sistema de localización (marco negro sobre fondo blanco) ampliamente utilizado en la familia de marcadores de largo alcance. Dentro de dicho marco quedará alojado un entramado (grid) que contiene los datos.

5 No obstante, la diferencia básica entre el marcador que se propone en la presente invención y los conocidos en el estado del arte es que el entramado se compone de elementos de cuatro estados (cuatro tonalidades) mientras que los métodos anteriormente descritos utilizan un entramado de dos estados (blanco y negro). Gracias a esta característica, y dado un mismo tamaño de entramado, el modelo de marcador objeto de la presente invención
10 trabaja con el doble de densidad de código.

Así pues, si el código tiene n elementos, el marcador de la presente invención maneja 4^n combinaciones frente a las 2^n combinaciones de un marcador de dos estados. Esta diferencia no modifica la resolución de los elementos del marcador, por lo que mantiene sus
15 características como marcador de largo alcance, pero con una densidad de código mucho mayor.

La presente invención queda definida sobre cualquier combinación de cuatro colores, sin que necesariamente sean cuatro colores específicos, ya que el diseño del marcador incluye
20 la paleta de colores que utiliza cada marcador. No obstante, aunque los cuatro tonos elegidos para la paleta pueden ser cualesquiera, es conveniente que sean muy distinguibles entre sí para evitar ambigüedades y mejorar así la lectura del marcador. Así pues, una realización preferida de la invención es la combinación CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) que se corresponden con las cuatro esquinas más distantes en el cubo definido por
25 el espacio de color RGB (rojo, verde, azul).

En el entramado se encuentran los siguientes elementos:

(a) En las cuatro esquinas del entramado se incluye la paleta, i.e. en cada esquina del
entramado hay un color básico de la paleta de colores, así, por ejemplo, en caso de
30 la combinación CMYK, en cada una de las esquinas habrá un color (en una primera esquina cian, en una segunda magenta, en una tercera amarilla y en una cuarta negro). Para hacer el marcador invariante a la rotación, se considera que, siempre, el elemento más oscuro es el último valor de la paleta. La introducción de la paleta resuelve el problema de la identificación de los colores del marcador, evitando los
35 efectos de la degradación del color, ya que una vez extraída se obtiene una referencia de cada color y se puede utilizar para etiquetar el resto del entramado de

datos mediante un criterio de proximidad.

- (b) El elemento central determina el tamaño del entramado entre cuatro posibles (5x5, 7x7, 9x9, 11x11). La elección del tamaño dependerá de las necesidades de cada aplicación.
- 5 (c) La fila y columna centrales, excepto la celda central, definen el código de redundancia cíclico (CRC). El CRC se calcula a partir del mensaje y se incluye en el marcador. En la etapa de detección del marcador, se extrae el mensaje, se recalcula el CRC y se contrasta con el que acompaña al marcador para validar la integridad del mensaje.
- 10 (d) El resto de elementos se dedican al mensaje.

Una vez determinado el diseño del marcador de acuerdo con la presente invención, el método de detección y reconocimiento del mismo dentro de una imagen digital comprende las etapas de:

- 15 (i) Detectar los marcos negro y blanco, localizándose las coordenadas de sus esquinas. Para este primer paso se aplica un algoritmo de detección de marcos sobre la imagen para detectar un primer conjunto de candidatos. En el estado del arte se describe una pluralidad de algoritmos que aproximan este problema. No obstante, en una realización particular se ha propuesto el algoritmo descrito en
- 20 [*S. Garrido, R. Muñoz, F.J. Madrid, M.J. Marín, "Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion", Pattern Recognition, 2014*] aunque puede utilizarse cualquier otro método con la misma finalidad.
- (ii) Obtener de cada marco detectado un entramado mediante la interpolación
- 25 bilineal, con las coordenadas del centro de cada celda, teniendo también en cuenta las casillas de los marcos negro y blanco.
- (iii) Obtener el color de cada celda. Dado que dicho centro está en coordenadas reales y la imagen en coordenadas discretas, para obtener dicho valor se realiza una interpolación bilineal de los 4-vecinos.
- 30 (iv) Calcular la media aritmética de los colores de los marcos blanco y negro para la obtención de un blanco y un negro de referencia.
- (v) Normalizar el color de cada celda a partir del negro y blanco de referencia obtenidos en la etapa anterior estableciéndose un balance de blancos.
- (vi) Corregir la orientación del marcador teniendo en cuenta que la esquina más
- 35 oscura debe estar en la última posición de la paleta.
- (vii) Obtener la paleta a partir de las esquinas realizando un etiquetado del marcador

e indicando qué valor de la paleta se corresponde a cada celda.

- (viii) Comprobar que el marcador pertenece a la familia buscada analizando si la etiqueta central es la esperada (el procedimiento se ejecuta para buscar marcadores de un tamaño concreto definido por la aplicación, por lo que esta etapa es necesaria para descartar marcadores de cualquier otro tamaño que puedan estar contenidos en la escena). Hay que tener en cuenta que conforme se describe el algoritmo, se lanza para un tamaño concreto (no detecta múltiples tamaños a la vez). Por ejemplo, una aplicación para señalar pasos de cebra usaría el tamaño 5x5 que tiene poca combinatoria, pero una aplicación para etiquetar productos en un supermercado utilizaría el de 7x7. Cada algoritmo solo es capaz de detectar 1 tipo de marcador.
- (ix) Composición del mensaje y el CRC.
- (x) Comprobación de la integridad del mensaje, recalculando el CRC a partir de él y comparándolo con el CRC leído del código.

Un primer objeto de la presente invención es conjugar alta densidad y largo alcance, superando así la dificultad que presentan los sistemas existentes al no ofrecer estas dos características simultáneamente.

Un segundo objeto de la presente invención es establecer un método con una baja complejidad computacional, lo cual permite detectar el marcador de forma muy eficiente sobre dispositivos con baja capacidad de cómputo, tales como los teléfonos móviles o *smartphones*.

Un tercer objeto de la presente invención es realizar un tratamiento robusto del color a través de la inclusión de la paleta y el balance de blancos, lo que resulta en la capacidad de la invención en detectar los marcadores visuales.

Todo ello de acuerdo con las reivindicaciones independientes que acompañan a la presente memoria descriptiva. Las realizaciones particulares de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes de aquellas, incorporándose todas ellas por referencia en este mismo apartado.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se

desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que restrinjan la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

5

Breve descripción de las figuras

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

10

La FIG.1 muestra un esquema del marcador propuesto, donde se observan los marcos de localización (1) y un entramado de $N \times N$ elementos (2) que alberga los datos (5x5 en esta realización práctica etiquetados con las siglas C, M, Y, K que representa el color de cada celda, cian, magenta, amarillo y negro respectivamente). Tanto los elementos del entramado como los marcos de localización tienen el mismo tamaño y presentan forma cuadrada, por lo que siendo l el tamaño de lado de una celda del entramado (3), el área total del marcador (4) es de $(l(N + 4))^2$.

15

La FIG.2 muestra la inclusión de la paleta $P = [p_0, p_1, p_2, p_3]$ en el propio marcador, situada en las esquinas del grid de datos en orden dextrógiro y con referencia en el elemento con menor luminancia (el negro en el caso CMYK) que determina p_3 . El tipo del marcador S determina su tamaño N y se coloca en la celda central del grid.

20

La FIG.3 muestra ejemplos de marcadores de los cuatro tamaños definidos. De abajo a arriba: 5x5, 7x7, 9x9, 11x11. Al haberse utilizado la paleta CMYK, el elemento central del entramado toma el valor cian en el tamaño 5x5, magenta en el 7x7, amarillo en el 9x9 y negro en el 11x11.

25

La FIG.4 muestra una imagen original (FIG.4 izquierda). Con la detección de marcos se obtienen las cuatro esquinas que definen el marco de localización (FIG.4 centro). A partir de las coordenadas del marco se obtiene un entramado con $(N + 4) \times (N + 4)$ coordenadas que abarca tanto a las celdas de información como a los marcos (FIG.4 derecha).

30

35

La FIG.5 muestra varias aplicaciones de marcadores visuales para invidentes. Etiquetado de productos (izquierda) y señalizaciones en un contexto urbano (derecha).

5 Exposición detallada de un modo de realización de la invención

Para el diseño del marcador propuesto se parte de un entramado (*grid*) de $N \times N$ elementos que pueden tomar hasta cuatro colores distintos dentro de un marco negro que, a su vez, está dentro de un marco blanco, como mejor se observa en la FIG.1. Como es posible observar el tamaño del lado l de las celdas del entramado de datos determina el ancho de los marcos de localización y, por tanto, el tamaño total del marcador.

La paleta de colores está compuesta por los cuatro colores que se van a utilizar en el marcador:

$$15 \quad P = [p_0, p_1, p_2, p_3]$$

Dicha paleta se introduce en el propio marcador, concretamente en las cuatro esquinas del entramado de datos, tal y como se observa mejor en la FIG.2. La paleta se introduce en orden dextrógiro y su referencia (último elemento p_3) viene marcada por el elemento más oscuro (menor luminancia).

Es posible tener entramados (*grids*) de tamaño $N \in \{5,7,9,11\}$ según las necesidades de la aplicación. Para determinar de qué tamaño es el entramado del marcador actual, se consulta la celda en posición central del entramado. Obsérvese que los cuatro tamaños que puede tomar el entramado (i.e. $N = \{5,7,9,11\}$) son impares, luego siempre existe una posición central clara. Dicha celda central, como el resto de las celdas del entramado, puede tomar cualquiera de los valores de la paleta $S \in \{p_0, p_1, p_2, p_3\}$ que se corresponden, respectivamente, con los posibles tamaños $\{5,7,9,11\}$ del entramado (ver FIG.3).

30 Teniendo en cuenta que cada celda alberga 2 bits (i.e. cuatro combinaciones) un marcador de $N \times N$ elementos contiene $2N^2 - 4N - 6$ bits de datos y $4N - 4$ bits de CRC. Por tanto, la longitud del CRC crece acorde con la longitud del mensaje. En la Tabla 1 se muestra para cada tamaño de marcador, la longitud del mensaje, la longitud del CRC y el polinomio generador utilizado para el cálculo. En este sentido, se han utilizado polinomios generadores estándar (y de probada efectividad) acordes con cada longitud.

$N \times N$	Long. mensaje	Long. CRC	Polinomio CRC
5×5	24 bits	16 bits	CRC-16-CDMA2000
7×7	64 bits	24 bits	CRC-24-Radix-64
9×9	120 bits	32 bits	CRC-32Q
11×11	192 bits	40 bits	CRC-40-GSM

Tabla 1

Para observar el efecto de la inclusión del color sobre la densidad del mensaje y como dato comparativo, el sistema descrito en [S. Garrido, R. Muñoz, F.J. Madrid, M.J. Marín, "Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion", *Pattern Recognition*, 2014] de 5x5 proporciona 1024 combinaciones y el sistema descrito en [E. Olson, "AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system", *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2011] de 6x6 tan solo 500, mientras que en la presente invención, en su versión menos densa (5x5), es capaz de manejar 24 bits de mensaje, esto es, 16.777.216 combinaciones.

A continuación, se resumen los pasos del procedimiento de detección del marcador. Dada una imagen $I(x,y)$ y un tamaño de marcador $N \in \{5,7,9,11\}$, extraer los marcos $M = \{m_0, m_1, \dots, m_{k-1}\}$ de $I(x,y)$ y para cada $m_i \in M$:

- 1) Obtener coordenadas $G_i(x,y)$ de $(N+4) \times (N+4)$ a partir de m_i
- 2) Obtener los colores de los datos $C_i(x,y)$ y las referencias de blanco R_i^b y negro R_i^n a partir de G_i
- 3) Normalizar $C_i'(x,y) = (C_i(x,y) - R_i^n) / (R_i^b - R_i^n)$
- 4) Obtener C_i'' orientando C_i' con su esquina de referencia.
- 5) Obtener paleta $P_i = [p_0, p_1, p_2, p_3]$ a partir de las esquinas de C_i''
- 6) Etiquetado $E_i(x,y)$ por vecino más próximo de $C_i''(x,y)$ a P_i
- 7) Si se cumple $E_i(\lfloor N/2 \rfloor, \lfloor N/2 \rfloor) = (N-5)/2$ entonces:
 - Extraer mensaje I_i^m y CRC I_i^c a partir de E_i
 - Calcular CRC de I_i^m . Si concuerda con I_i^c añadir I_i^m a T

Así pues, dada una imagen digital en color $I(x,y)$ capturada por la cámara del dispositivo y el tamaño del marcador a buscar $N \in \{5,7,9,11\}$ en primer lugar se aplica un algoritmo de detección de marcos sobre la imagen para detectar el primer conjunto de marcadores T contenidos en dicha imagen. Como resultado del algoritmo de detección de marcos sobre la imagen $I(x,y)$ se obtiene un conjunto de marcos $M = \{m_0, m_1, \dots, m_{k-1}\}$ contenido en la

misma. Cada marco viene definido por cuatro coordenadas $m_i = (c_0, c_1, c_2, c_3)$ sobre el espacio de la imagen, que se corresponden con las esquinas exteriores del marco en orden dextrógiro (ver FIG.4 centro).

5 Cada marco detectado m_i representa un posible marcador. Tomando como referencia las cuatro coordenadas del marco $m_i = (c_0, c_1, c_2, c_3)$, se realiza una interpolación bilineal para obtener un entramado $G_i(x, y)$ de $(N + 4) \times (N + 4)$ coordenadas equidistantes. Dicho entramado contiene las coordenadas de los centros de las $N \times N$ celdas de información del marcador $4N + 4$ coordenadas sobre el marco negro y $4N + 12$ coordenadas sobre el
10 marco blanco (ver FIG.4 derecha).

Para cada coordenada de G_i se obtiene el color correspondiente en imagen $I(G_i(x, y))$ (teniendo en cuenta que G_i está en coordenadas reales y la imagen en coordenadas discretas, dicho color se obtiene por interpolación bilineal de los 4-vecinos). Con los
15 $(N + 4) \times (N + 4)$ colores obtenidos, se toma C_i como los $N \times N$ colores pertenecientes a los datos del marcador y R_i^b y R_i^n como las medias aritméticas de los colores pertenecientes a los marcos blanco y negro respectivamente.

Las variables R_i^b y R_i^n juegan un papel imprescindible en la presente invención, ya que
20 representan la referencia de blanco y negro del marcador. Por tanto, los marcos de localización no solo sirven para localizar el marcador sino también para poder realizar un balance de blancos y poder así tratar el color de manera robusta. Para ello, se forma C'_i a partir de C_i normalizando cada una de sus celdas:

$$25 \quad C'_i(x, y) = (C_i(x, y) - R_i^n) / (R_i^b - R_i^n).$$

Aunque C'_i contiene una referencia normalizada del color de las $N \times N$ celdas del marcador, desconocemos su orientación, ya que el algoritmo de detección de marcos no proporciona dicha información (el marco no contiene información de orientación). Para resolverlo, se
30 debe tener en cuenta que las esquinas del marcador:

$$\{C'_i(0,0), C'_i(N-1,0), C'_i(N-1,N-1), C'_i(0,N-1)\}$$

35 Contienen la paleta en orden dextrógiro, con referencia en el elemento más oscuro en su última posición. Por tanto, se toma C'_i y se selecciona, de sus 4 orientaciones posibles,

aquella que deje en $C'_i(0, N - 1)$ el elemento más oscuro (menor luminancia) de las cuatro esquinas, obteniendo C''_i .

5 Utilizando las muestras de color ordenadas, se obtiene la paleta de color de sus cuatro esquinas:

$$P_i = [p_0, p_1, p_2, p_3] = [C''_i(0,0), C''_i(N - 1,0), C''_i(N - 1, N - 1), C''_i(0, N - 1)]$$

10 A partir de la paleta, se procede a obtener el etiquetado $E_i(x, y)$ del marcador, esto es, una matriz que indique para cada celda el valor del índice de la paleta al que corresponde. Para ello, se realiza una clasificación por el vecino más cercano (asignando el índice de la paleta con el valor de color más próximo al color de la celda):

$$E_i(x, y) = \operatorname{argmin}_{k \in \{0,1,2,3\}} \|C''_i(x, y) - p_k\|.$$

15 Para calcular la distancia euclídea $\| \cdot \|$ entre dos colores se recomienda utilizar el espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$, ya que dicho espacio es isotrópico (a diferencia de otros espacios como el RGB), lo cual justifica la utilización de dicha función de distancia.

20 Una vez obtenido el etiquetado de las celdas, se debe comprobar si el marcador que se está analizando es de la familia de marcadores que se buscan. Para ello, se debe comprobar que el tamaño especificado en la celda central coincide con el tamaño de marcador que se está buscando, esto es:

$$E_i(\lfloor N/2 \rfloor, \lfloor N/2 \rfloor) = (N - 5)/2.$$

25 En caso contrario, el marco actual se descarta como posible marcador.

Llegados a este punto es el momento de extraer la información del marcador, esto es, el mensaje I_i^m y el código de redundancia cíclico I_i^c . Para obtener I_i^c tomamos las celdas de la columna y fila centrales (a excepción de la celda central que determina el tipo de marcador) y se forma un único número de $4N - 4$ bits con las etiquetas de las celdas en binario (las etiquetas $[0,1,2,3,4]$ se corresponden con los códigos binarios $[00,01,10,11]$) siguiendo el orden de lectura sobre la matriz (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

35 De igual forma, obtenemos I_i^m componiendo las celdas del mensaje (aquellas que no se

corresponden con la paleta, ni con el CRC ni con el tipo de marcador), formando un número binario de $2N^2 - 4N - 6$ bits.

5 Para finalizar con la detección, se comprueba la integridad del mensaje, calculando el código de redundancia cíclico de I_i^m con el polinomio adecuado (ver Tabla 1) y comparándolo con el CRC que se ha leído I_i^c . Si ambos códigos coinciden, el mensaje se da por válido y se añade I_i^m al conjunto de marcadores T detectados en la imagen actual $I(x, y)$.

10 Ejemplo 1. Resultados del método.

Con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los marcadores y el método de detección propuestos en la presente invención, se ha desarrollado un prototipo funcional que consta de dos aplicaciones: un generador y un detector de marcadores. Ambas aplicaciones
15 se han desarrollado en C++ bajo el entorno de programación multiplataforma de alto rendimiento Qt SDK (<http://www.qt-project.org>).

El generador gestiona una base de datos de marcadores y la información de los mismos (código de marcador, texto asociado al marcador, tamaño real de impresión, etc.) y permite
20 crear, eliminar, buscar e imprimir dichos marcadores con el tamaño físico seleccionado.

Por otro lado, el detector es el encargado de detectar los marcadores sobre las imágenes obtenidas de la cámara del dispositivo. En este caso, ha sido desarrollado para dispositivos Android. Cuando se detecta un marcador, el sistema consulta su código en la base de datos
25 y vocaliza (utilizando *Text To Speech*) su contenido. Además, también vocaliza la distancia real a la que se encuentra dicho marcador, ya que en la base de datos se almacena el tamaño de impresión de cada marcador, que junto a la información de cámara (distancia focal y apertura) se utiliza para recuperar la escala real del mismo.

30 En cuanto al rendimiento, el sistema es capaz de procesar una media de 18,6fps. Este dato difiere en función del dispositivo y de la resolución de cámara. En nuestro caso, se ha utilizado un Samsung Galaxy S6 (SM-G920F) equipado con un procesador Cortex A57 octa-core a 2,1 GHz y 3Gb de memoria RAM. En cuanto a la configuración, se ha utilizado una resolución de cámara de 1280x720 y la detección de marcos se ha realizado con la versión
35 2.0 de la librería descrita en [S. Garrido, R. Muñoz, F.J. Madrid, M.J. Marín, "Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion", *Pattern*

Recognition, 2014] y que es accesible en el siguiente enlace:
<http://www.uco.es/investiga/grupos/ava/node/26>.

5 Teniendo en cuenta que la cámara del dispositivo sirve las imágenes a 30fps, eliminando los tiempos de acceso a cámara el sistema es capaz de procesar cada *frame* en una media de 20,43 milisegundos en este dispositivo.

10 En cuanto a la distancia de detección, depende de la resolución de cámara, de las condiciones de iluminación y del tamaño y tipo del marcador. Bajo unas condiciones de iluminación favorables (luz día) y con la resolución mencionada anteriormente (1280x720), un marcador de tipo 5x5 impreso en un tamaño de 20x20cm (tamaño típico de impresión en A4) se detecta a una distancia máxima de 8,12 metros.

15 Este tipo de marcadores permitiría abarcar aplicaciones en las que tanto el alcance como la densidad del código juegan un papel relevante (ver FIG.6 donde se muestran aplicaciones de marcadores visuales para invidentes) como son, por ejemplo, el etiquetado de productos (izquierda) y las señalizaciones en un contexto urbano (derecha).

REIVINDICACIONES

1 – Un marcador visual denso y de largo alcance que comprende:

un marco negro sobre fondo blanco;

5 un entramado cuadrangular alojado dentro de dicho marco;

y donde el entramado está dividido en filas longitudinales y columnas verticales que componen una pluralidad de celdas, en donde cada celda corresponde a un dato distinto;

10 y donde dicho entramado se compone de elementos de cuatro tonos de color distintos, siendo los cuatro tonos de color distinguibles entre sí y conforman una paleta de color;

y que se **caracteriza por que** dicho marcador, además, comprende:

15 en cada una de las cuatro celdas que conforman las esquinas del entramado se incluye un tono de color, al menos un tono de color por cada celda de cada esquina, de tal forma que el elemento más oscuro se considera el último valor que conforma la paleta de color;

y donde la celda central del entramado determina el tamaño de dicho entramado;

y donde las celdas que se corresponden con la fila y columna centrales, exceptuando la celda central, definen un código de redundancia cíclico;

20 y donde el resto de celdas que conforman el entramado son elementos dedicados al mensaje transmisible por el marcador visual.

2- El marcador de la reivindicación 1 donde los cuatro tonos de color se corresponden con la combinación cian, magenta, amarillo y negro.

25

3- Un método de detección de un marcador visual de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2 que se **caracteriza** por que comprende las etapas de:

Detectar los marcos negro y blanco, localizándose las coordenadas de sus esquinas;

Obtener de cada marco detectado un entramado mediante una interpolación bilineal,

30 Obtener el color de cada celda;

Calcular la media aritmética de los colores de los marcos blanco y negro para la obtención de un blanco y un negro de referencia;

Normalizar el color de cada celda a partir del negro y blanco de referencia obtenidos en la etapa anterior estableciéndose un balance de blancos;

35 Corregir la orientación del marcador teniendo en cuenta que la celda de la esquina más oscura debe estar en la última posición de la paleta;

Obtener la paleta a partir de las esquinas realizando un etiquetado del marcador e indicando qué valor de la paleta se corresponde a cada celda;

Comprobar que el marcador pertenece a la familia buscada analizando si la etiqueta central es la esperada;

5 Composición del mensaje y el código de redundancia cíclico;

Comprobación de la integridad del mensaje, recalculando el código de redundancia cíclico a partir de él y comparándolo con el código de redundancia cíclico leído del código.

10 4 – El método de acuerdo con la reivindicación 3 donde en la interpolación bilineal se emplean las coordenadas del centro de cada celda, teniendo también en cuenta los marcos negro y blanco.

15 5 – El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-4 donde en la obtención del color de cada celda y dado que dicho centro está en coordenadas reales y la imagen en coordenadas discretas, para obtener dicho valor se realiza una interpolación bilineal de los 4-vecinos.

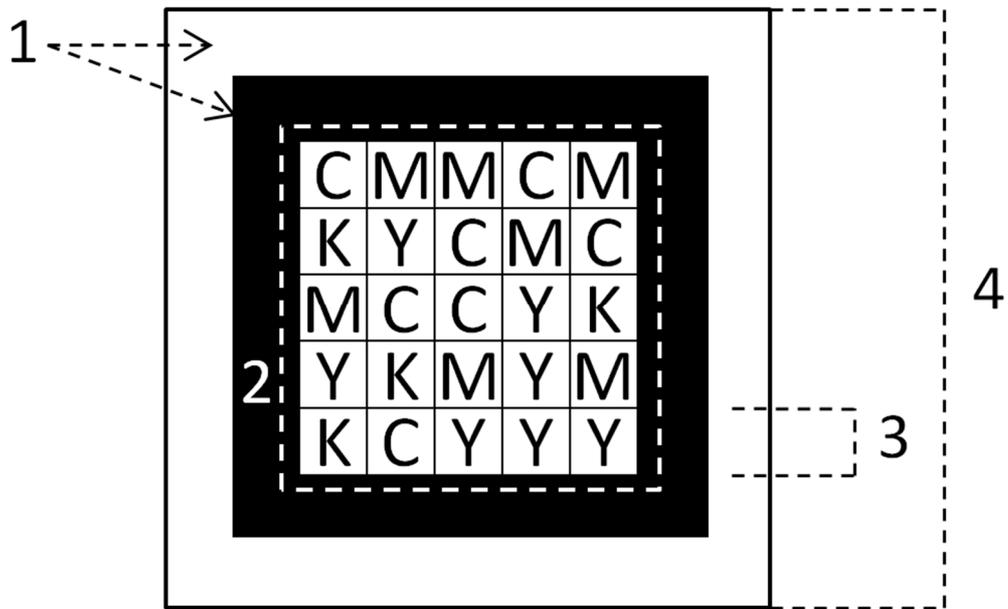


FIG.1

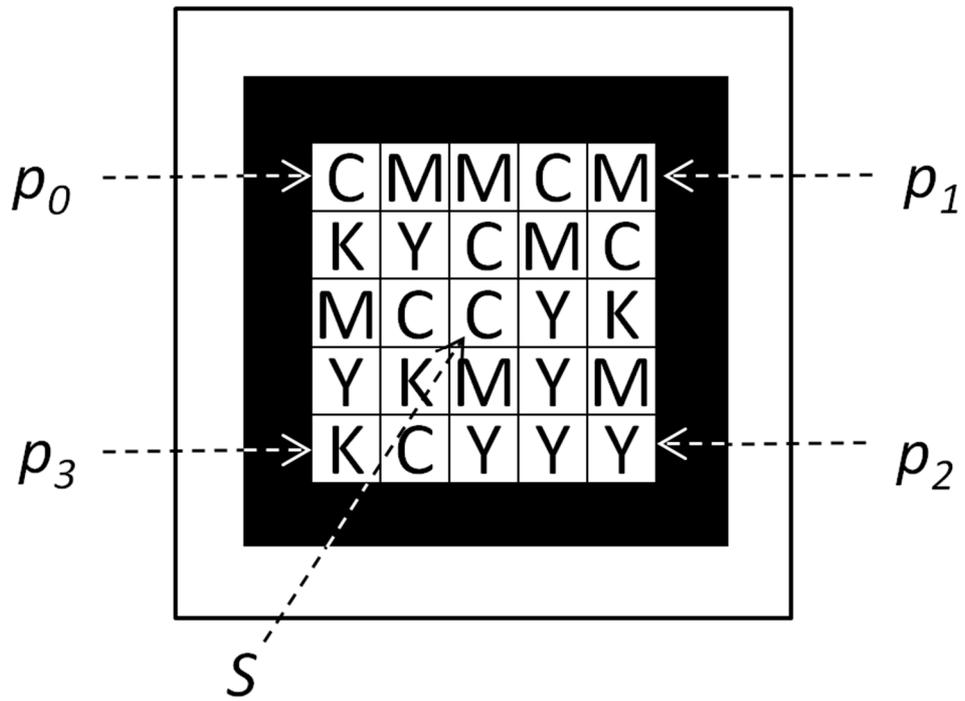


FIG.2

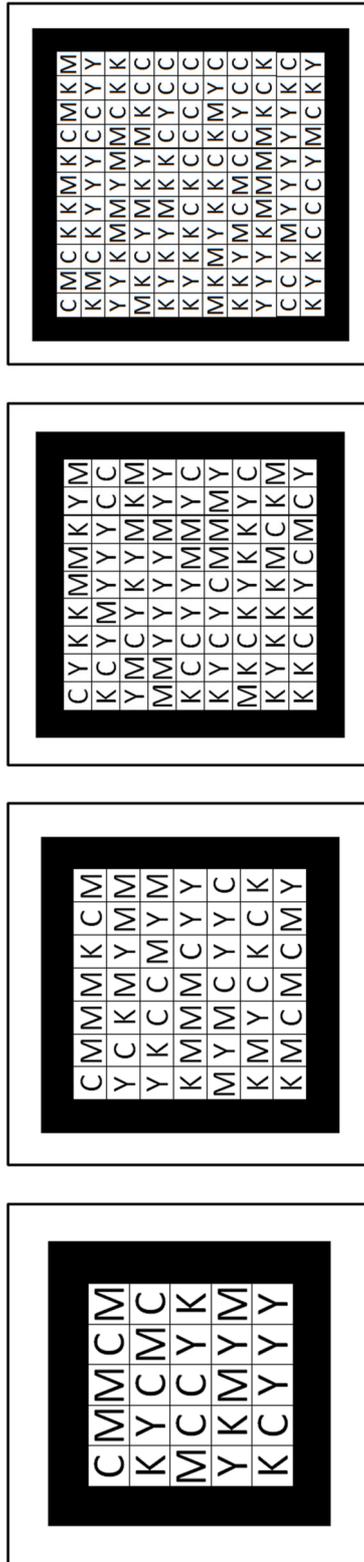


FIG.3

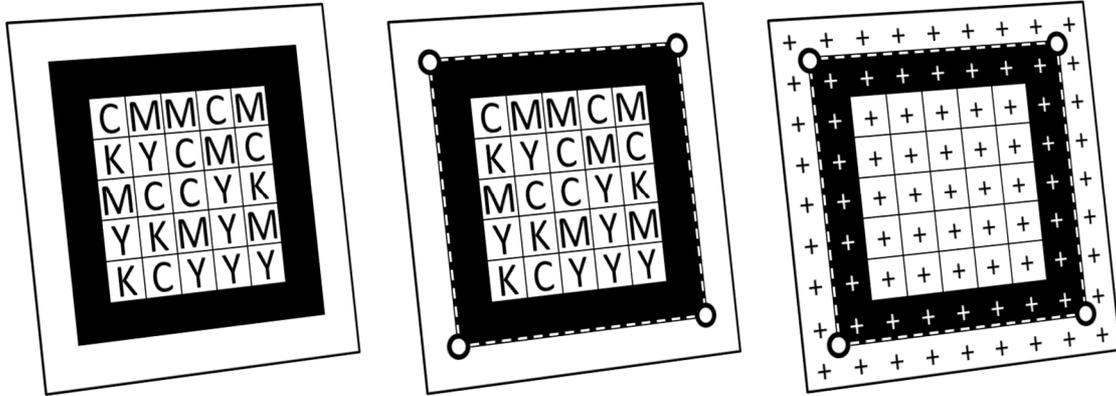


FIG.4



FIG.5



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201631625

②② Fecha de presentación de la solicitud: 20.12.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G06K19/06** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2014270511 A1 (MESH-ILIESCU ALISA et al.) 18/09/2014, párrafos [0048 - 0049]; párrafos [0052 - 0053]; párrafos [0064 - 0070]; párrafos [0081 - 0082]; figura 2A,	1-5
Y	US 7032823 B2 (NOJIRI TADAO) 25/04/2006, Columna 7, línea 31 - columna 8, línea 22; columna 9, línea 65 - columna 10, línea 22; columna 11, líneas 11 - 37; figuras 1, 2, 6, 7 y 10.	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.05.2017

Examinador
M. L. Alvarez Moreno

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, Inspec

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.05.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-5	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2014270511 A1 (MESH-ILIESCU ALISA et al.)	18.09.2014
D02	US 7032823 B2 (NOJIRI TADAO)	25.04.2006

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**Reivindicación independiente 1**

Utilizando la misma terminología que en las reivindicaciones, puede verse que D01 (figura 2A) muestra un marcador visual que comprende (párrafos 0048-0049; 0064; 0081-0082) un entramado cuadrangular dividido en filas longitudinales y columnas verticales que componen una pluralidad de celdas, en donde cada celda corresponde a un dato distinto. Dispone de un marco de dos colores (negro sobre fondo blanco) con el entramado alojado dentro de dicho marco. Dicho entramado (párrafos 0048-0049; 0066; 0081) se compone de elementos de múltiples tonos de color distintos distinguibles entre sí. Se dispone en una posición predeterminada del entramado una serie de celdas con los distintos colores que conforman la paleta de color. Igualmente se dispone de un marco denominado "cebra" que permite corregir distorsiones geométricas y estimar el tamaño de las celdas. El resto de celdas que conforman el entramado son elementos dedicados al mensaje transmisible por el marcador visual. En una cabecera cuya posición no se especifica (párrafos 0070) se transmite un código de redundancia cíclico (CRC) que permite la comparación con el CRC calculado con los datos recibidos.

D01 no muestra las siguientes características de la reivindicación 1:

- En D01 la muestra de los colores que conforman la paleta no se encuentra dispuesta en las esquinas y el código de redundancia cíclico no se encuentra ubicado en las celdas que se corresponden con la fila y columna centrales. D01 (párrafo 0066) indica que dicha paleta puede colocarse en cualquier sitio deseado. Igualmente indica (párrafos 0070) que la imagen contiene en su cabecera un CRC que será posteriormente utilizado para su comparación. La ubicación de información específica (colores que conforman la paleta de colores o CRC) en una zona u otra del marcador se considera una decisión de diseño que no contribuye a conferir actividad inventiva.
- La celda central del entramado no se utiliza para comunicar el tamaño de dicho entramado;

D02 (figura 1) muestra otro marcador visual que sí que utiliza la celda central del entramado para notificar el tamaño del marcador. D02 (columna 7, línea 31-columna 8, línea 22; columna 11, líneas 11-37) comprende un entramado cuadrangular dividido en filas longitudinales y columnas verticales que componen una pluralidad de celdas, en donde cada celda corresponde a un dato distinto. Dicho entramado se compone de elementos de múltiples tonos de color distintos distinguibles entre sí disponiendo en una posición predeterminada (esquinas y/o centro) una serie de celdas con los distintos colores que conforman la paleta de color. Estos elementos particulares o patrones (columna 9, línea 65 - columna 10, línea 22) permiten proporcionar tanto la orientación apropiada del marcador como referencias de color. El propio marcador incorpora información en ubicaciones específicas que facilitan conocer el tamaño del mismo (figura 1 en el centro del marcador, figura 2 en los bordes del mismo). El resto de celdas que conforman el entramado son elementos dedicados al mensaje transmisible por el marcador visual. Al igual que D01, D02 (figuras 6, 7 y 10) también incorpora mecanismos de corrección de errores en el propio marcador que pueden ser utilizados para su comparación posterior.

Tomando en consideración ambos documentos, la reivindicación 1 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de patentes.

Reivindicación dependiente 2

D01 (párrafos 0052-0053) muestra que se puede utilizar cualquier espacio de color deseado (RGB, CIELAB...). La decisión de utilizar cuatro tonos de color (cian, magenta, amarillo y negro) es una decisión de diseño que no contribuye a conferir actividad inventiva.

La reivindicación 2 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de patentes.

Reivindicación independiente 3

Con la combinación de los documentos analizados anteriormente se divulga un método de detección de un marcador visual que comprende las etapas técnicas de la reivindicación 1: (D01 párrafo 0064) detectar los marcos negro y blanco, localizándose las coordenadas de sus esquinas; (D01 párrafos 0049; 0064-0065) obtener de cada marco detectado un entramado mediante procedimientos matemáticos, (D01 párrafo 0067) obtener el color de cada celda; (D01 párrafos 0066-0067) obtener la paleta a partir de su ubicación predeterminada realizando un etiquetado del marcador e indicando qué valor de la paleta se corresponde a cada celda; (D02 columna 7, línea 31-columna 8, línea 22) corregir la orientación del marcador teniendo en cuenta que la ubicación predeterminada de las celdas utilizadas como patrón; (D02 figura 1; columna 10, líneas 4-22) identificación del tamaño del marcador analizando la etiqueta central; (D01 párrafos 0068-0070) composición del mensaje y el código de redundancia cíclico; (D01 párrafo 0070) comprobación de la integridad del mensaje, recalculando el código de redundancia cíclico a partir de él y comparándolo con el código de redundancia cíclico leído del código.

Por otra parte, en D01 (párrafos 0052-0053) se muestra la necesidad de elegir una medida para las diferencias de color apropiadas para conseguir una resolución de color estable y muestra el procesamiento matemático de la información (normalización de valores, métricas basadas en distancias no Euclídeas, operaciones de promedio...). Del conjunto de la reivindicación 3 no se deriva la superación de un problema técnico distinto del solucionado por el contenido divulgado en D01.

La reivindicación 3 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de patentes.

Reivindicaciones dependientes 4 a 5

Como se ha indicado al analizar la reivindicación anterior, del contenido de las reivindicaciones 4 a 5 no se identifica que se derive la superación de un problema técnico distinto del solucionado por el contenido divulgado en D01.

Las reivindicaciones 4 a 5 no cumplen el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de patentes.