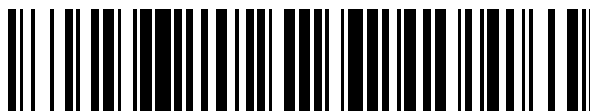


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 573**

51 Int. Cl.:

**G06K 19/06** (2006.01)

**G06K 7/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2011 PCT/FR2011/052932**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12076828**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11811076 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017 EP 2649560**

54 Título: **Procedimiento de detección de un marcador colocado en la superficie de un objeto y sistema de aplicación**

30 Prioridad:  
**10.12.2010 FR 1060340**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.01.2018**

73 Titular/es:  
**UBLEAM (100.0%)  
425 Rue Jean Rostand Bâtiment E-volution  
31670 Labège, FR**

72 Inventor/es:  
**GURDJOS, PIERRE;  
CHARVILLAT, VINCENT;  
BOURY, SAMUEL y  
MEZZAROBBA, OLIVIER**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 649 573 T3

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

Procedimiento de detección de un marcador colocado en la superficie de un objeto y sistema de aplicación

### Campo de la invención

5 La invención se refiere a un procedimiento de detección de un marcador colocado en la superficie de un objeto para permitir la identificación de este objeto y su posicionamiento respecto al dispositivo de adquisición. La invención se refiere igualmente a un sistema para aplicar este procedimiento de detección.

La invención encuentra aplicaciones en el campo del reconocimiento de objetos por medio de un marcador que contiene datos específicos para cada objeto.

### Estado de la técnica

10 En el campo del reconocimiento de objetos, es frecuente colocar, en cada objeto que haya de reconocer, un marcador que contenga datos específicos para el objeto y que permita reconocer e identificar dicho objeto. Actualmente, los marcadores más extendidos son los marcadores de códigos de barras. Estos marcadores de  
 15 códigos de barras son papeles autoadhesivos, o etiquetas, destinados para pegarse cada uno en un objeto que haya de reconocer y dotados cada uno de un código de barras. Un código de barras es un código de datos numéricos en forma de símbolo constituido por barras y espacios cuyo grosor varía en función de los datos que haya de codificar. Más precisamente, un código de barras está constituido por un número predefinido de barras verticales blancas o  
 20 negras que codifican cada una, respectivamente, un 0 binario o un 1 binario, un conjunto de 0 y 1 binarios que representan una cifra, como se muestra en la Figura 1. Un código de barras permite de este modo asociar un número a un objeto, correspondiendo este número a datos específicos para dicho objeto. Clásicamente, estos datos específicos son una referencia del objeto, un precio del objeto, etc.

Estos marcadores de códigos de barras, muy expandidos actualmente, tienen no solamente el inconveniente de ser poco estéticos, sino sobre todo de ser muy difíciles de leer. De hecho, los códigos de barra se leen por medio de un terminal de lectura óptica que contiene una óptica de emisión de un haz luminoso y un sensor óptico. Durante la  
 25 lectura de un marcador de códigos de barras, el terminal de lectura envía, en el código de barras, un haz luminoso, generalmente un haz láser de baja potencia, después analiza la luz reflejada. También, para leer un marcador de código de barras, el operario encargado de la lectura de estos marcadores debe presentar dicho marcador frente a la óptica del terminal de lectura, perpendicular al haz luminoso con el fin de que el haz luminoso pueda reflejarse por el código de barras. El operario debe presentar igualmente el código de barras a una distancia relativamente  
 30 próxima del sensor con el fin de que el código de barras entre totalmente en el campo cuya dimensión esté delimitada por el tamaño del sensor óptico puesto que el terminal de lectura no contiene ningún medio de autocalibración.

Además, como en la mayoría de los tipos de codificación, la codificación de códigos de barras contiene  
 35 informaciones de redundancia. De hecho, un código de barras contiene, además de información codificada, una información de redundancia para asegurar la lectura de la información. Si un código de barras está mal posicionado respecto al sensor óptico, o si está deformado puesto que su soporte es demasiado flexible, entonces el código de barras solamente se lee parcialmente y es imposible por tanto localizar toda la información contenida en este código de barras. Por tanto, hay una pérdida de información.

Se comprende que un marcador de código de barras puede leerse solamente si el código de barras se coloca  
 40 correctamente frente al terminal de lectura. La lectura de dichos marcadores de códigos de barras es por tanto fastidiosa y larga puesto que necesita la colocación de cada código de barras delante del terminal de lectura. De este modo, en el caso clásico de compras en un supermercados, el operario de la caja debe buscar, en cada objeto comprado, el marcador de código de barras, después colocarlo frente al terminal de lectura, no pudiendo leerse un  
 45 marcador de código de barras mal posicionado.

Se comprende que, con dichos inconvenientes, la utilización de los marcadores de códigos de barras está limitada a  
 50 aplicaciones en las cuales cada objeto dotado de un marcador de código de barras puede cogerse por separado en un conjunto de objetos con el fin de colocarse uno delante del terminal de lectura.

### Exposición de la invención

La invención tiene precisamente como objetivo remediar los inconvenientes de las técnicas mencionadas  
 55 anteriormente. Con este fin, la invención propone un marcador que puede leerse en diferentes posiciones, incluso aunque la totalidad de las informaciones contenidas por el marcador no sea legible directamente por el terminal de lectura. La invención propone igualmente un procedimiento que permite leer dicho marcador y, si es necesario, reconstituir la información que falta del marcador. Para ello, el marcador de la invención contiene un contorno de posicionamiento de forma geométrica, permitiendo este contorno de posicionamiento la detección del marcador en una escena que contenga dicho marcador. La determinación de este contorno, asociada a una localización o  
 seguimiento del marcador en un referencial, permite recomponer el conjunto del marcador y por tanto la información

contenida en el marcador, incluso en caso de ocultación o de condiciones alteradas. La invención propone de este modo obtener una información a partir de una señal de imagen.

De forma más precisa, la invención se refiere a un procedimiento de detección de un marcador colocado en una superficie de un objeto, caracterizado por que contiene las operaciones siguientes:

- 5 a) adquisición de una imagen fotográfica de una escena que contenga al menos un marcador;
- b) lectura de la imagen fotográfica y detección del marcador en dicha escena, conteniendo esta detección del marcador:
- c) una extracción de contorno en la imagen fotográfica, y
- 10 d) una detección, entre estos contornos, de un contorno de posicionamiento del marcador correspondiente a un conjunto de cónicas coplanares de forma predeterminada,
- e) localización del contorno de posicionamiento del marcador que contenga:
- f) una modelización de una imagen de las cónicas coplanares de forma matricial donde cada cónico se represente por una matriz simétrica de orden 3,
- g) un análisis de estas matrices para determinar una corrección de perspectiva de la imagen fotográfica,
- 15 h) una detección, en la imagen fotográfica corregida en perspectiva, de un elemento de ranura de posicionado asociado gráficamente al contorno de posicionamiento del marcador y corrección en rotación de la imagen fotográfica,
- i) detección, en la imagen fotográfica corregida en perspectiva y en rotación, de datos codificados asociados gráficamente al contorno de posicionamiento del marcador y decodificación de estos datos codificados.
- 20 Este procedimiento puede contener una o varias de las características siguientes:
  - los datos codificados se sitúan en el interior del contorno de posicionamiento del marcador.
  - los datos codificados se sitúan alrededor del contorno de posicionamiento del marcador.
  - el contorno de posicionamiento del marcador está constituido por un conjunto de cónicas homofocales.
  - el contorno de posicionamiento del marcador está constituido por un conjunto de círculos coplanares.
  - 25 - el contorno de posicionamiento del marcador es un conjunto de círculos concéntricos.
  - la decodificación de los datos contiene la aplicación de un algoritmo de decodificación en luminancia o en crominancia.
  - la decodificación de los datos contiene la aplicación de un algoritmo de decodificación mediante signos geométricos.
  - 30 - la decodificación de los datos codificados contiene una búsqueda, en una base de datos, de informaciones asociadas a los datos decodificados.
  - los datos codificados están formados por un conjunto de cónicas.

La invención se refiere igualmente a un sistema de detección de un marcador colocado en una superficie de un objeto, caracterizado por que contiene un terminal de lectura que contiene:

- 35 - un dispositivo de toma de imágenes apto para realizar una imagen fotográfica de una escena que contenga al menos un marcador, y
- una unidad de tratamiento de la imagen fotográfica apta para aplicar el procedimiento descrito anteriormente detectando un contorno de posicionamiento del marcador en la imagen fotográfica, localizando este contorno de posicionamiento con el fin de corregir la imagen fotográfica en perspectiva y en rotación y decodificando datos
- 40 codificados asociados al marcador.

Este sistema puede contener una base de datos en relación con el terminal de lectura y que contenga informaciones asociadas a los datos codificados contenidos en el marcador.

Breve descripción de los dibujos

- 45 Las Figuras 1 y 6c, ya descritas, representan un ejemplo de marcador de código de barras de acuerdo con la técnica anterior.

La Figura 2 representa de forma esquemática el sistema de detección de un marcador de acuerdo con la invención.

La Figura 3 representa un diagrama funcional del procedimiento de detección de un marcador de acuerdo con la invención.

5 La Figura 4 representa la geometría de la toma de vista para un marcador bajo las hipótesis de un modelo estenopecoico.

La Figura 5 representa un ejemplo de marcador de acuerdo con un modo de realización de la invención.

Las Figuras 6A, 6B, 6D, 6E y 6H representan diferentes ejemplos de marcadores de acuerdo con la invención.

Las Figuras 7A, 7B y 7C representan los elementos codificadores y el contorno de posicionamiento de un marcador de acuerdo con la invención.

10 La Figura 8 representa un diagrama funcional de la codificación de los datos y de la decodificación de los datos de acuerdo con la invención.

**Descripción detallada de modos de realización de la invención**

15 La invención se refiere a un procedimiento de detección de un marcador colocado en la superficie de un objeto y de lectura de los datos contenidos en dicho marcador. Este procedimiento consiste en primer lugar en realizar una imagen de una escena del entorno en el cual se encuentre al menos un marcador. Esta escena, llamada también zona, puede ser relativamente amplia; no es necesariamente una zona focalizada alrededor del marcador; por el contrario, esta escena puede contener diversos marcadores. Por ejemplo, esta escena puede ser un carro de supermercado que contenga diversos artículos equipados cada uno de un marcador de acuerdo con la invención y del que se busque evaluar el precio total de los artículos. Esta escena puede ser igualmente un lugar público en el cual se mueva una multitud de personas equipadas cada una de un marcador de acuerdo con la invención y de la que se busque conocer las identidades, ...

20 El procedimiento de la invención consiste a continuación en tratar la parte de la imagen que contenga esta escena para detectar un contorno de posicionamiento de un marcador, o motivo de localización, después en tratar los datos contenidos en el interior o en el exterior de este contorno de posicionamiento. Estos tratamientos de la imagen y de los datos se describen de forma más detallada a continuación.

25 El procedimiento de la invención se aplica por un sistema de lectura tal como el representado de forma esquemática en la Figura 2. Este sistema contiene un terminal de lectura 20 que garantiza la detección y la lectura de un marcador 11 colocado en un objeto 10, tal como una tarjeta de identificación. Este terminal de lectura 20 contiene un dispositivo de toma de imágenes 21 apto para realizar una toma de imagen fotográfica de una escena que contenga al menos un marcador. El dispositivo de toma de imágenes 21, o el sensor fotográfico, garantiza la adquisición de una imagen de la escena, sea cual sea la orientación y la posición del marcador en esta escena. El terminal de lectura 20 contiene igualmente una unidad de tratamiento de imagen 22 que garantiza la detección del marcador en la imagen así como la decodificación de los datos contenidos en el seno del marcador. El terminal de lectura 20 contiene, además, una unidad de control 23 que garantiza la gestión de los datos decodificados. Para ello, la unidad de control 23 está unida, por un lado, a una interfaz 24 , por ejemplo una interfaz casa/máquina y, por otro lado, a una base de datos 30.

30 Esta base de datos 30 puede estar distante del terminal de lectura 20 y unida, por vía alámbrica o no alámbrica (por ejemplo por conexión WiFi) a la unidad de control 23. Esta base de datos 30 contiene informaciones asociadas a los datos específicos contenidos en el marcador.

35 La interfaz hombre/máquina 24 puede ser una pantalla, por ejemplo asociada a un teclado, o una pantalla táctil sobre la cual puedan registrarse los datos decodificados del marcador y/o de las informaciones procedentes de la base de datos 30.

40 El procedimiento aplicado por este sistema se representa en forma de diagrama funcional en la Figura 3. Este diagrama muestra una primera etapa 40 de adquisición de una imagen fotográfica de una escena que contiene al menos un marcador. La imagen fotográfica puede realizarse sea cual sea el ángulo de vista del sensor fotográfico, en el límite de las características de dicho sensor. Al ser esta imagen fotográfica una imagen global de una escena, el marcador puede encontrarse frente al sensor fotográfico o bien en perspectiva o además en un extremo de la imagen. Por tanto, el entorno del marcador puede alterarse. Se considera que una imagen está alterada cuando la luminosidad es débil y la imagen subexpone a continuación o, por el contrario, cuando la luminosidad es elevada y la imagen se sobreexpone. Una imagen está alterada igualmente cuando fluye, cuando el marcador está en diagonal, o se aleja en la zona de la imagen, etc.

45 El procedimiento de la invención contiene a continuación una etapa 50 de lectura y de tratamiento de la imagen fotográfica de la escena con el fin de detectar el marcador en la imagen.

El marcador utilizado en la invención comprende:

- un contorno de posicionamiento constituido por al menos dos cónicas coplanares a partir de las cuales puede calcularse una corrección de perspectiva de la imagen fotográfica y de un elemento de ranura de posicionado a partir del cual se determina la orientación de la imagen corregida y

5 - datos codificados asociados gráficamente al contorno de posicionamiento, es decir, situado en el interior o en el exterior del contorno de posicionamiento

Se acuerdo con la invención, las cónicas coplanares pueden ser cónicas homofocales o estos círculos coplanares. En particular, las cónicas homofocales pueden ser elipses, círculos, hipérbolas o parábolas... que tengan un foco común.

10 Los datos codificados son datos que pueden codificarse geoméricamente en la familia de las cónicas (círculos, hipérbolas, parábolas, elipses), codificados en forma de códigos de barra usuales (EAN 13), en forma de figuras gráficas (logo), en forma de caracteres alfanuméricos, etc.

15 Para detectar un marcador, el procedimiento de la invención consiste en detectar el contorno de posicionamiento del marcador. De acuerdo con la invención, el contorno del marcador es el contorno de un conjunto de cónicas coplanares observado en perspectiva. En un modo de realización preferido de la invención, el contorno de posicionamiento del marcador está constituido por dos círculos concéntricos cuya zona entre los círculos puede mostrarse sombreada o coloreada con el fin de formar un tipo de corona.

20 El procedimiento de la invención propone por tanto extraer los contornos de la imagen fotográfica, es decir, los contornos de todos los elementos (el marcador) contenidos en dicha imagen fotográfica, después detectar, entre todos los contornos, el contorno de posicionamiento del marcador, lo que permite reducir la imagen fotográfica a una región de interés, llamada también zona ROI, correspondiente a la zona de la imagen fotográfica situada alrededor del marcador.

La extracción de los contornos de la zona ROI puede realizarse por medio de, por ejemplo, un algoritmo dedicado de tipo Sobel o Canny. Es posible por tanto mejorar los contrastes y la luminosidad normalizando esta zona ROI.

25 La detección del contorno de posicionamiento del marcador se realiza buscando, entre los contornos extraídos, un conjunto de cónicas coplanares de forma predeterminada observada en perspectiva, siendo este conjunto de cónicas coplanares el contorno de posicionamiento del marcador.

30 Esta detección del contorno de posicionamiento del marcador puede efectuarse aplicando un detector de las primitivas de estas cónicas, por ejemplo una elipse, sobre un plano por medio de, por ejemplo, una transformada de Hough acoplada con ajuste de la cónica a los datos (*conic fitting*, en términos anglosajones) por el procedimiento de los mínimos cuadrados. Puede aplicarse cualquier procedimiento de detección de los contornos incluso parciales. En el modo de realización preferido donde el contorno de posicionamiento tiene una forma de corona, las primitivas detectadas son elipses.

35 El procedimiento consiste a continuación en seleccionar, entre todas las primitivas, el mejor candidato de acuerdo con un criterio predefinido. En nuestro modo de realización preferido donde el contorno de posicionamiento tiene una forma de corona, se seleccionan dos elipses que tienen las características próximas de dos círculos concéntricos observados en perspectiva (los centros de las elipses están próximos, ...). Esta determinación de las proyecciones de primitivas permite conocer el contorno de posicionamiento del marcador en un plano Imagen.

40 Al final de esta detección, los signos geométricos, basados en el análisis de las matrices que representan las primitivas seleccionadas, es decir, cónicas, se utilizan para realizar la etapa 60 de localización del contorno de posicionamiento del marcador en la imagen fotográfica.

45 Esta etapa 60 de localización del contorno de posicionamiento del marcador permite corregir la imagen fotográfica en perspectiva y en rotación. Esta etapa de localización 60 proporciona una información 90 de localización o posicionamiento del marcador en un referencial, tal como el referencial del dispositivo de toma de imagen. Esta etapa 60 consiste más precisamente en estimar la transformación homográfica de las primitivas que unan el plano Real al plano Imagen del marcador, tratados como planos proyectivos.

Se ha representado, en la Figura 4, un ejemplo de los planos Real e Imagen durante una transformación homográfica. Esta Figura 4 muestra:

- el plano Focal PF que corresponde al plano paralelo al plano Imagen y que contiene el centro óptico CO del sensor fotográfico,
- 50 - el plano Imagen PI que corresponde al plano de la escena que contiene la imagen del marcador MI, y
- el plano Real PR que corresponde al plano de la escena que contiene el marcador real MR.

Esta Figura 4 representa igualmente el cono elíptico E que tiene como vértice el centro CO del sensor fotográfico y tangente al contorno de posicionamiento del marcador. Se muestra de este modo que el contorno del marcador en el plano Imagen es una elipse mientras que el contorno del marcador en el plano Real es circular.

5 Con el objetivo de corregir el plano Imagen PI en perspectiva con el fin de que el contorno de posicionamiento del marcador en el plano Imagen PI corregido de este modo sea idéntico al del plano Real PR en una rotación 2D aproximada, se busca estimar una homografía H que realice una biyección entre el plano Imagen PI y el plano Real PR.

10 La homografía H se representa con una matriz homogénea de orden 3. Esta matriz H puede calcularse a partir de la descomposición en valores singulares (SVD) de una matriz de orden 3 y de rango 2 de una cónica del plano proyectivo, indicada con CTA a continuación y llamada cónica tangencial absoluta 2D. CTA es una cónica destacable del plano Real PR de la que se busca estimar la proyección en el plano Imagen.

Durante la generación de un marcador de acuerdo con la invención, se elige un contorno de este marcador que pueda ser, preferentemente, fácilmente detectable. Para ello, puede elegirse un contorno de posicionamiento que esté suficientemente restringido para dar lugar solamente a una solución única.

15 El procedimiento de la invención propone por tanto modelizar la imagen de las cónicas correspondientes al contorno de posicionamiento del marcador bajo una forma matricial M1, M2, donde M1 y M2 son dos matrices homogéneas de orden 3 que representan las dos cónicas y utilizar las propiedades de las cónicas para considerar que existe una combinación de las matrices M1 y M2 igual a un factor escalar multiplicativo aproximado, a CTA. En otras palabras, existe un escalar s tal como  $CTA \sim M1 + s * M2$ , donde el operario  $\sim$  significa «igual a un factor escalar multiplicativo aproximado».

20 El escalar s puede determinarse a partir de un análisis algebraico de las matrices M1 y M2, resolviendo un problema de cálculo de valores propios generalizados de la pareja (M1, M2), para el cual se explicita una solución no ambigua. El cálculo de H se realiza a partir de la descomposición en valores singulares (SVD) de la matriz CTA obtenida de este modo.

25 En el modo de realización preferido donde el contorno de posicionamiento tiene una forma de corona, la relación de radio entre los dos círculos concéntricos que forman la corona es conocida o no. Los puntos de estos círculos se proyectan en el plano Imagen en dos cónicas, concretamente elipses, representadas por sus matrices respectivas M1 y M2 para las cuales un punto de elipse i satisface la ecuación  $x^T \times M_i \times x = 0$  donde x es el vector de coordenadas homogéneas de este punto. Una manera optimizada de calcular la matriz homográfica H a partir de cálculos de valores propios generalizados de M1 y M2 se describe en la publicación IEEE titulada «Geometric and Algebraic Constraints of Projected Concentric Circles and their applications to Camera Calibration».

Cabe destacar que el cálculo de los parámetros de la corrección de perspectiva de la imagen fotográfica permite igualmente calibrar el dispositivo de toma de imágenes 21, de acuerdo con un modelo estenopeico simplificado.

35 El análisis de las matrices M1 y M2 permite de este modo determinar una corrección de perspectiva de la imagen fotográfica. Es posible por tanto corregir la perspectiva de la imagen fotográfica para obtener una imagen fotográfica corregida en perspectiva que permita una lectura correcta del marcador.

40 Sin embargo, esta corrección de perspectiva se obtiene en una rotación 2D aproximada. El procedimiento de la invención propone por tanto corregir la rotación de esta imagen corregida en perspectiva detectando, en la imagen corregida en perspectiva, un elemento de ranura de posicionado asociado gráficamente al contorno de posicionamiento del marcador.

45 De hecho, en el modo de realización preferido, al ser los círculos concéntricos, una ambigüedad de rotación puede persistir al final del cálculo homográfico. El procedimiento de la invención propone por tanto añadir un punto de referencia que forme un elemento de ranura de posicionado. Este elemento de ranura de posicionado constituye uno de los signos geométricos de las primitivas del contorno de posicionamiento durante la etapa de localización de dicho contorno de posicionamiento. Permite calcular la rotación que haya de aplicar a la imagen fotográfica corregida en perspectiva para obtener una imagen fotográfica corregida en perspectiva y en rotación, en la que el marcador pueda leerse sin ambigüedad. Este elemento de ranura de posicionado puede ser un punto particular tal como círculo, colocado en un lugar particular en relación con el contorno de posicionamiento, es decir con los círculos concéntricos del marcador. Un ejemplo de un marcador equipado por dicho elemento de ranura de posicionado se representa en la Figura 5. En este ejemplo, el marcador contiene dos círculos concéntricos 100a y 100b que forman una corona 100. El círculo concéntrico 100a tiene un radio inferior al círculo concéntrico 100b. El marcador contiene también un elemento de ranura de posicionado 110 o una ranura de posicionado angular. Esta ranura de posicionado angular es un elemento de forma redonda, colocado de forma excéntrica respecto a los datos codificados 120, próximo al círculo concéntrico de radio inferior 100a. En este ejemplo, el elemento de ranura de posicionado 110 es una pastilla redonda y negra; podría tener también la forma de un círculo o cualquier otra forma geométrica fácilmente dissociable de los datos codificados, lo que le permite detectarse sin ambigüedad. En el ejemplo de la Figura 5, el elemento de ranura de posicionado tiene una forma idéntica a la de los datos codificados 120, pero su colocación está suficientemente descentrada para detectarse sin ambigüedad. Realizando una

detección de esta ranura de posicionado, por ejemplo por correlación, una matriz de rotación se calcula y se multiplica después en la matriz homográfica para formar una matriz homográfica total.

5 Cabe destacar que el cálculo de los parámetros de la corrección de perspectiva de la imagen fotográfica puede permitir igualmente determinar la orientación 3D del dispositivo de toma de imágenes 21 respecto al plano del marcador.

10 Se comprende de lo anterior que la reconstrucción de los datos contenidos en el marcador puede realizarse en condiciones alteradas, tales como una sobre o bajo exposición de luz, un punto de vista distante o en vertical, un desenfoque en movimiento, un desenfoque de puesta a punto, una ocultación vertical, etc. De hecho, la determinación del contorno de posicionamiento asociado a una localización del marcador en un referencial, por ejemplo el referencial del dispositivo de toma de imagen, permite recomponer el conjunto del marcador cuando falte una parte en la imagen fotográfica y, de este modo, recuperar cualquier información sin problema de ocultación o de condiciones alteradas.

15 Además, al ser rápidos los tratamientos de imágenes utilizados en el procedimiento de detección de la invención y al tener el cálculo homográfico restringido y el cálculo de descomposición en valores singulares poca complejidad algorítmica, la detección de los marcadores es rápida y eficaz.

20 Como se muestra en la Figura 3, el procedimiento de la invención contiene a continuación una etapa 70 de decodificación de la información contenida en los datos codificados del marcador. De hecho, el marcador de acuerdo con la invención contiene, además de su contorno de posicionamiento y del elemento de ranura de posicionado, los datos codificados colocados en el interior o en el exterior del contorno de posicionado, de acuerdo con una geometría predeterminada por el tipo de codificación. Esta etapa de decodificación consiste en aplicar un algoritmo de decodificación para decodificar los datos numéricos codificados en el marcador. Un esquema funcional que muestra las diferentes etapas de decodificación se representa en la Figura 8. Este esquema muestra que la etapa 70 contiene una operación 320 de decodificación del dato leído en el marcador, después una operación 310 de decodificación de los valores de corrección del lado y después una operación 300 de verificación de la integridad del dato.

La etapa 70 puede contener, antes de la decodificación de la información, una transformación homográfica denominada inversa para retroproyectar la imagen en el plano Real. Pueden utilizarse técnicas de interpolación usuales en caso de dilatación de la imagen. La imagen obtenida puede normalizarse también para favorecer la lectura de los datos codificados.

30 Pueden utilizarse diversos tipos de codificación para codificar los datos del marcador de la invención. Sea cual sea el tipo de codificación utilizado, un dato se codifica respetando las operaciones del esquema funcional representado en la Figura 8: una operación 200 de aplicación de la integridad al dato se realiza en primer lugar, después una operación 210 de codificación de los datos de corrección, después una operación 220 de codificación del propio dato. Una vez codificado, el dato puede aplicarse en el marcador.

35 La codificación puede ser una codificación específica para el marcador de la invención o, por el contrario, una codificación no específica y utilizada para otros marcadores. Los datos contenidos en el marcador pueden codificarse también por los componentes de una imagen.

40 Como codificación no específica, puede mencionarse, por ejemplo, la codificación en luminancia o en crominancia. En dicha codificación, cada dato se codifica en forma de puntos o grupos de puntos cuyo valor binario se representa con un color o un nivel de gris. Un ejemplo de marcador en el cual se codifican los datos en luminancia es el código Barrel, representado en la Figura 6A. En este ejemplo, se transmite la información mediante un valor de la luminancia en el centro de los círculos: ciertos datos se codifican mediante puntos blancos 121 en el centro de un círculo sombreado 123; otros datos se codifican mediante puntos sombreados 122 en el interior de un círculo blanco 124. Otro ejemplo de marcador que contiene datos codificados de acuerdo con el código Barrel se representa en la Figura 6B.

45 Con dicha codificación, la etapa 70 del procedimiento de la invención puede contener una operación complementaria de umbralización de la imagen, ofreciendo esta umbralización una lectura óptima de la dominante en luminancia en el centro de los círculos. En este caso, una información binaria de 24 bits puede por tanto extraerse y decodificarse y/o corregirse por una función de cálculo de código corrector de errores del tipo Golay, BCH o Reed Solomon. La información obtenida en la salida del algoritmo de decodificación es por tanto una información corregida.

Como codificación no específica, pueden mencionarse igualmente ciertas codificaciones mediante signos geométricos como los códigos de barras, mostrados en la Figura 6C.

55 Otras codificaciones mediante signos geométricos, específicos para la invención, pueden ser, por ejemplo, una codificación mediante círculos descentrados, llamada también código Necklace, o una codificación mediante círculos centrados, llamada codificación Flower.

De acuerdo con un modo de realización preferido de la invención, los datos codificados están formados por un conjunto de cónicas. Por ejemplo, los datos codificados pueden ser círculos, centrados o descentrados entre sí, como se muestra en las Figuras 6.

5 Como se muestra en la Figura 7B, en la codificación mediante círculos descentrados, cada dato numérico se codifica por medio de dos círculos descentrados, o discos descentrados, que forman un elemento codificador 130. Este elemento codificador 130 contiene un disco sombreado 131 de radio R y un disco blanco 132 de radio R/2. El disco blanco 132 está colocado en el interior del círculo sombreado 131 de forma descentrada en relación con dicho disco sombreado 131. La ubicación del disco blanco en el disco sombreado determina el valor binario del elemento codificador. Se representan ejemplos de valores binarios de los elementos codificadores en la Figura 7C, descrita de forma más detallada a continuación. El elemento codificador 130 puede tener igualmente diferentes dimensiones, determinando la dimensión de este elemento codificador los bits de redundancia para la proyección de los datos.

10 De acuerdo con esta codificación mediante círculos descentrados, el motivo de codificación, llamado secuencia, está compuesto de al menos 6 elementos codificadores 130 colocados alrededor, o en el interior, del contorno de posicionamiento 100 del marcador. Un ejemplo de dicho contorno de posicionamiento se representa en la Figura 7A. Como se ha explicado anteriormente, este contorno de posicionamiento 100 contiene un círculo exterior 100a y un círculo interior 100b, concéntricos. El círculo exterior 100a puede tener un diámetro de 60 unidades relativas y el círculo interior 100b un diámetro de 45 unidades relativas.

15 Como se muestra en la Figura 7C, la posición del disco blanco en el disco sombreado indica un valor binario. Por ejemplo, si se indica con S un dato de 24 bits que haya de codificar de acuerdo con una codificación de círculos descentrados, se representa S en la forma:

$$S = a_0a_1\dots a_{11}b_0b_1\dots b_{11},$$

donde las  $a_i$  pueden ser bits de redundancia unidos con un código corrector de error sistemático y los  $b_i$  bits útiles de información. Para cada  $i$  comprendido entre 0 y 5, la construcción del marcador consiste en añadir un motivo  $M_i$  basado en:

25 - el valor de  $a_{2i}a_{2i+1}$  de acuerdo con la regla siguiente:

00 => R = 40;

01 => R = 35;

11 => R = 30;

10 => R = 25; y

30 - la posición del disco blanco en el disco sombreado, en función del valor de  $b_{2i}b_{2i+1}$  de acuerdo con la regla mostrada en la Figura 7C.

El motivo  $M_i$  se inserta en el sentido inverso de las agujas de un reloj, después  $M_{i-1}$  alrededor o en el interior del contorno de posicionamiento del marcador.

35 Dicha codificación mediante círculos descentrados tiene la ventaja de codificar datos en 24 bits con 12 bits útiles, lo que permite una codificación de 4096 palabras.

Las Figuras 6D y 6E muestran dos ejemplos de codificación mediante círculos descentrados de acuerdo con la invención. En el ejemplo de la Figura 6D, los elementos codificadores 130 descritos anteriormente están repartidos alrededor del contorno de posicionamiento 100. En el ejemplo de la Figura 6E, los elementos codificadores 130 están repartidos en el interior del contorno de posicionamiento 100.

40 La Figura 6H representa un ejemplo de codificación mediante círculos centrados. En este ejemplo, los datos están codificados mediante conjuntos de uno o diversos círculos de niveles de gris diferentes, por ejemplo círculos sombreados y círculos blancos, centrados unos en los otros y formando elementos codificadores 140. Estos elementos codificadores 140 están repartidos en el interior del contorno de posicionamiento 100. En una variante, los elementos codificadores están colocados alrededor del contorno de posicionamiento. En el ejemplo de la Figura 45 6H, el elemento de ranura de posicionado se realiza mediante dos aberturas 150 en el contorno de posicionamiento, una respecto a la otra.

Se comprende que, en el procedimiento de la invención, los datos codificados se decodifican aplicando un algoritmo de decodificación dependiente del tipo de codificación utilizado. Por ejemplo, se decodificarán datos codificados mediante signos geométricos aplicando un algoritmo de decodificación mediante signos geométricos.

50 Una vez terminada la etapa 70 de decodificación, los datos numéricos contenidos en el marcador se decodifican y por tanto son legibles. Estos datos numéricos pueden utilizarse por tanto directamente. Pueden utilizarse igualmente para buscar informaciones asociadas a estos datos. Como se ha explicado anteriormente, estas informaciones,



indicadas con 80 en la Figura 3, pueden buscarse en una base de datos, utilizando como unión el dato numérico decodificado. Por ejemplo, el dato numérico decodificado puede asociarse a informaciones de identidad de una persona, a un precio de artículo, a una localización GPS, etc.

5 Acaba de describirse anteriormente un procedimiento de detección y de decodificación de un marcador de acuerdo con la invención. Puede deducirse, de esta descripción, un procedimiento para generar dicho marcador. De hecho, un marcador de acuerdo con la invención se genera eligiendo, en una familia de cónicas coplanares, una forma de contorno de posicionamiento del marcador, determinando después un elemento de ranura de posicionado e insertando este elemento de ranura de posicionado en el marcador. Un tipo de codificación debe elegirse a continuación para codificar los datos numéricos de manera determinista y no ambigua. Los datos numéricos así  
10 como los bits de redundancia se codifican y se colocan a continuación alrededor del contorno de posicionamiento, o en el interior de dicho contorno, en función de la codificación elegida. Esta colocación de los elementos codificadores puede realizarse de acuerdo con una disposición aleatoria o personalizada (como en el caso de la codificación mediante círculos descentrados). El procedimiento de generación del marcador de acuerdo con la invención permite obtener marcadores que tengan una presentación gráfica visualmente agradable. Como consecuencia, el marcador  
15 de la invención puede instalarse en ubicaciones visibles tales como paneles publicitarios, logos, tarjetas de identificación, etc. El esteticismo del marcador de la invención ofrece de este modo una opción de aplicaciones importante.

Además, al ser este marcador fácil de detectar sean cuales sean las condiciones ambientales, puede colocarse a distancia del terminal lector. Por ejemplo, un marcador de 5 cm de diámetro puede detectarse y leerse a una  
20 distancia del orden de 4 m; un marcador de 30 cm de diámetro puede detectarse y leerse a una distancia del orden de 10 a 12 m.

De este modo, un marcador de acuerdo con la invención puede utilizarse, por ejemplo, para firmar o etiquetar objetos o puntos de interés, por ejemplo en un museo, y proporcionar servicios o informaciones asociadas a estos  
25 objetos o puntos de interés. Puede utilizarse también para proporcionar puntos de referencia de posicionamiento absoluto, por ejemplo, para una función de navegación geolocalizada. Puede servir también de punto de referencia de posicionamiento relativo, por ejemplo, para superponer informaciones 3D virtuales en elementos reales reproducidos y visualizados en una pantalla.

El procedimiento descrito en esta invención proporciona rendimientos particulares tales como:

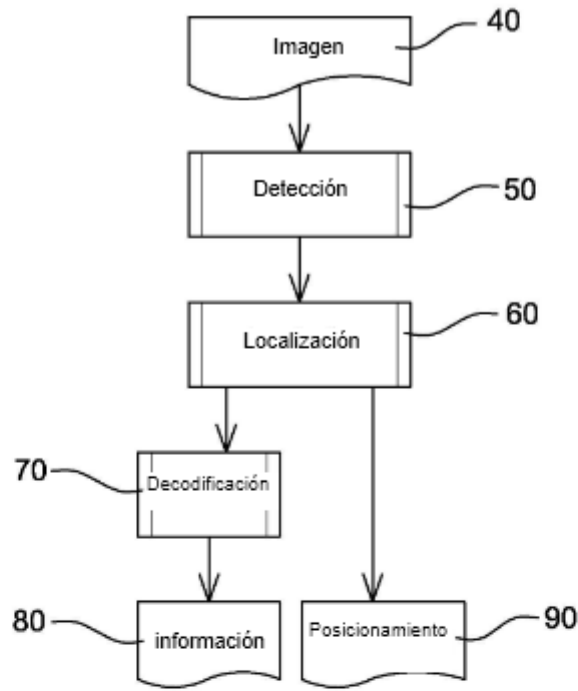
- 30 - una flexibilidad: el conocimiento de informaciones cualitativas en las cónicas (por ejemplo: saber que son elipses homofocales) basta para poder corregir la perspectiva de la imagen fotográfica;
- una solidez en la ocultación parcial del contorno de posicionamiento: una parte de la cónica basta para modelizarla bajo forma matricial;
- 35 - una solidez en la deformación del soporte (curvatura): la observación hecha de la cónica deformada en el soporte permite modelizar y corregir el efecto de deformación. De este modo, el procedimiento, basado en las propiedades geométricas del contorno de posicionamiento del marcador, permite corregir, además de la perspectiva inherente a la toma de vista, una deformación por pliegue curvo del soporte sobre el cual se aplica el marcador, por ejemplo cuando el marcador se coloca en un tejido ;
- 40 - una solidez en el alejamiento: la detección de algunos puntos del contorno permite detectar de manera fiable el contorno de posicionamiento, después corregir los problemas de observación. En el modo de realización preferido, si la detección del contorno de posicionamiento se realiza solamente en algunos puntos de un arco de elipse, basta con reconstituir la elipse para detectar el contorno de posicionamiento;
- una solidez durante una observación muy próxima: la corrección de perspectiva permite calibrar la cámara de acuerdo con un modelo de estenopo simplificado (distancia focal, píxel de formato rectangular).

**REIVINDICACIONES**

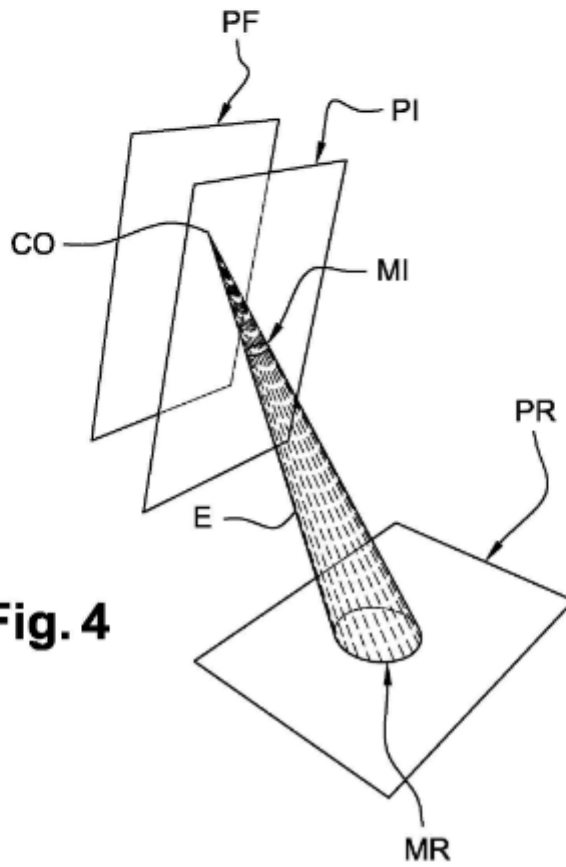
1. Procedimiento de detección de un marcador colocado en una superficie de un objeto, caracterizado por que contiene las operaciones siguientes:
- a) adquisición (40) de una imagen fotográfica (10) de una escena que contenga al menos un marcador (11);
  - 5 b) lectura de la imagen fotográfica y detección (50) del marcador en dicha escena, conteniendo esta detección del marcador;
  - c) una extracción de contornos en la imagen fotográfica, y
  - d) una detección, entre estos contornos, de un contorno de posicionamiento del marcador correspondiente a un conjunto de cónicas coplanares de forma predeterminada,
  - 10 e) localización (60) del contorno de posicionamiento del marcador que contiene:
  - f) una modelización de una imagen de las cónicas coplanares en forma matricial en la que cada cónica se representa por una matriz simétrica de orden 3,
  - g) un análisis de estas matrices para determinar una corrección de perspectiva de la imagen fotográfica,
  - h) una detección, en la imagen fotográfica corregida en perspectiva, de un elemento de ranura de posicionado asociado gráficamente al contorno de posicionamiento del marcador y corrección en rotación de la imagen fotográfica,
  - 15 i) detección, en la imagen fotográfica corregida en perspectiva y en rotación, de datos codificados asociados gráficamente al contorno de posicionamiento del marcador y decodificación (70) de estos datos codificados.
2. Procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que los datos codificados se sitúan en el interior del contorno de posicionamiento del marcador.
3. Procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que los datos codificados se sitúan alrededor del contorno de posicionamiento del marcador.
4. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el contorno de posicionamiento del marcador está constituido por un conjunto de cónicas homofocales.
- 25 5. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el contorno de posicionamiento del marcador está constituido por un conjunto de círculos coplanares.
6. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el contorno de posicionamiento del marcador es un conjunto (100) de dos círculos concéntricos (100a, 100b).
- 30 7. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la decodificación de los datos codificados contiene la aplicación de un algoritmo de decodificación en luminancia o en crominancia.
8. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la decodificación de los datos codificados contiene la aplicación de un algoritmo de decodificación mediante signos geométricos.
- 35 9. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la decodificación de los datos codificados contiene una búsqueda, en una base de datos (30), de informaciones asociadas a los datos decodificados.
10. Procedimiento de detección de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que los datos codificados están formados por un conjunto de cónicas.
- 40 11. Sistema de detección de un marcador colocado en una superficie de un objeto, caracterizado por que contiene un terminal de lectura (20) que comprende:
- un dispositivo de toma de imágenes (21) apto para realizar una imagen fotográfica de una escena que contenga al menos un marcador, y
  - una unidad de tratamiento (22) de la imagen fotográfica apta para aplicar el procedimiento de la reivindicación 1 detectando un contorno de posicionamiento del marcador en la imagen fotográfica, localizando este contorno de posicionamiento con el fin de corregir la imagen fotográfica en perspectiva y en rotación y decodificando datos codificados asociados al marcador.
  - 45

12. Sistema de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por que contiene una base de datos (30) en relación con el terminal de lectura y que contiene informaciones asociadas a los datos codificados contenidos en el marcador.

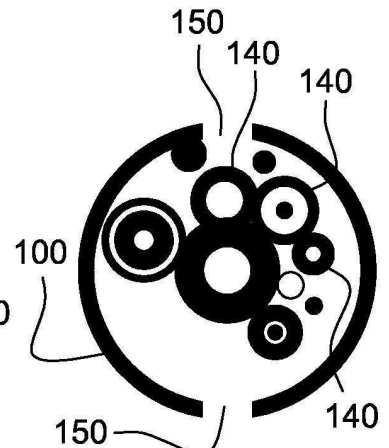
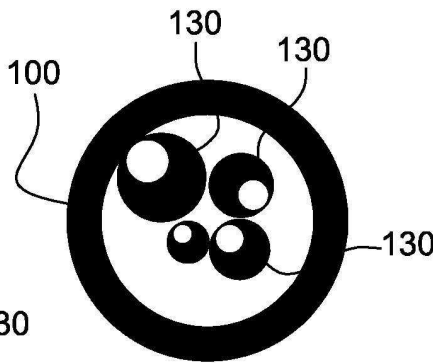
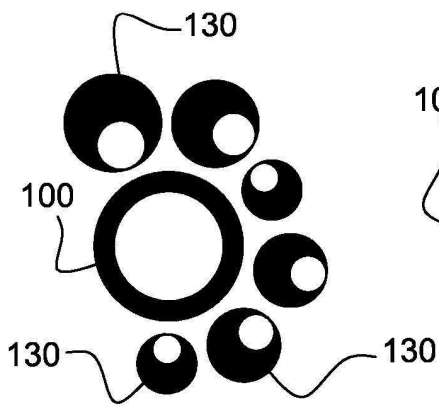
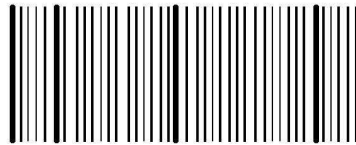
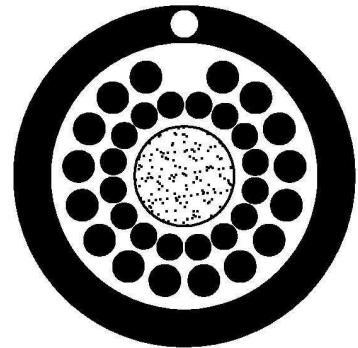
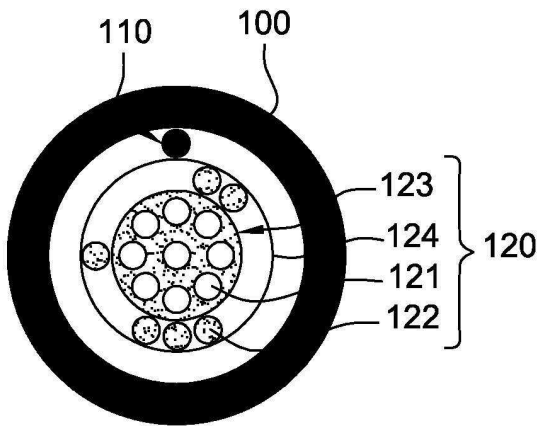
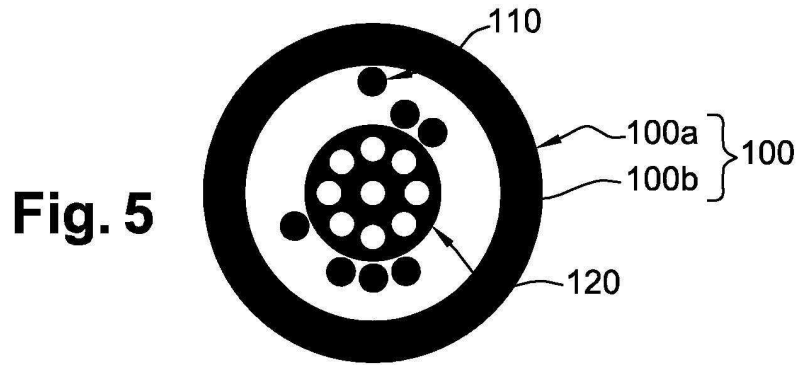


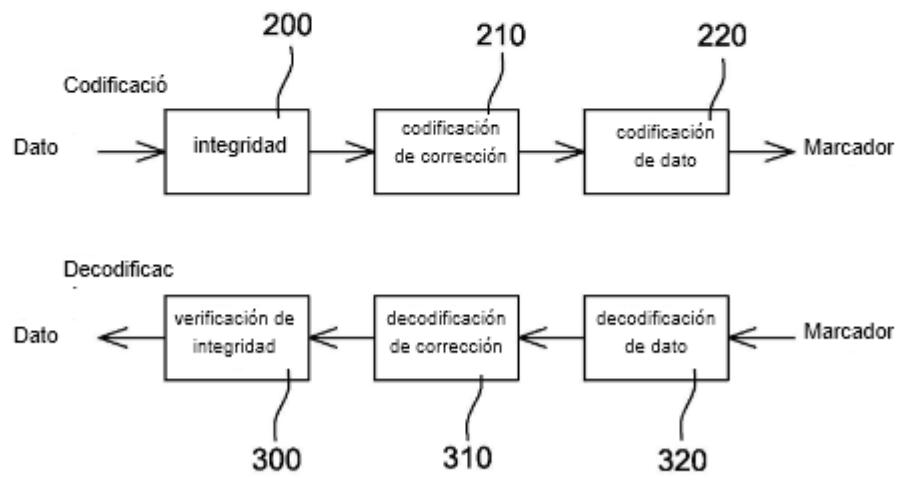
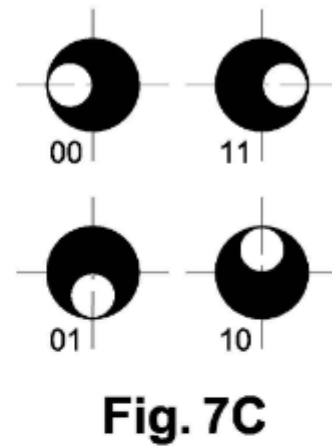
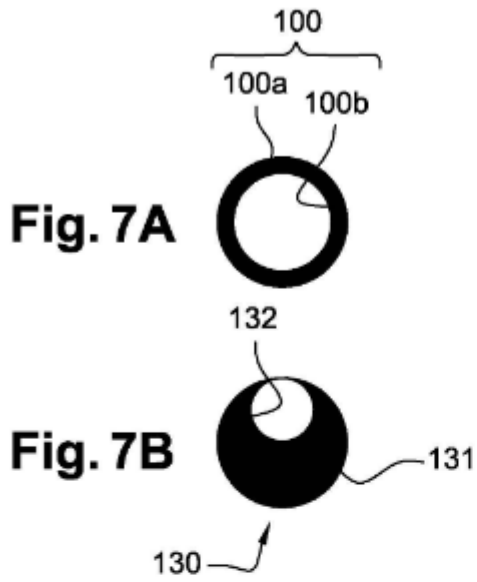


**Fig. 3**



**Fig. 4**





**Fig. 8**