(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 848 842**

(51) Int. CI.:

G06K 7/14 (2006.01)
G06K 7/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2018 E 18382333 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020 EP 3570205**

(54) Título: **Método de detección de código de barras**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.08.2021

(73) Titular/es:

WOOPTIX S.L. (100.0%)
Torre Agustin Arévalo, 7A, Avenida Trinidad, 61
38205 La Laguna, Tenerife, ES

(72) Inventor/es:

GÓMEZ CÁRDENES, ÓSCAR y
RODRÍGUEZ RAMOS, JOSÉ MANUEL

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

Método de detección de código de barras

Estado de la técnica

Los códigos de barras legibles por máquina ópticos se han convertido en un medio extendido en la industria y el comercio para describir e identificar objetos o artículos que portan dichos códigos de barras. Un ejemplo para usar códigos bidimensionales legibles por máquina para marcar componentes de producto en una línea de producción para mejorar la automatización de procedimientos de producción industrial se describe, entre otros, en el documento DE 10 2009 016 598 A1.

En particular, los códigos de barras legibles por máquina ópticos facilitan la identificación automática y captura de datos (Automatic Identification and Data Capture, AIDC) de objetos para identificar automáticamente objetos, recopilar datos sobre los mismos e introducirlos directamente en sistemas informáticos, sin participación humana.

Aunque muchos códigos de barras legibles por máquina ópticos se leen por exploradores ópticos dedicados, por ejemplo que leen códigos de barras de artículos adquiridos en sistemas de caja de supermercado con exploradores por láser, se ha desarrollado software de aplicación que permite leer códigos de barras también a partir de imágenes captadas por cámaras digitales, por ejemplo cámaras de dispositivos móviles inteligentes, ampliando así adicionalmente el uso y la aplicación de códigos de barras.

Sin embargo, los métodos actuales para leer códigos de barras ópticos a partir de imágenes digitales presentan algunos inconvenientes y limitaciones graves.

En particular, se ha encontrado que la detección o localización e identificación de códigos de barras incorporados dentro de una imagen digital, en particular códigos de barras unidimensionales incorporados dentro de una imagen digital, es una tarea que supone un desafío de cálculo y requiere muchos recursos de cálculo, incluso para procesadores de última generación actuales de dispositivos inteligentes, por ejemplo teléfonos inteligentes u ordenadores de tipo tableta.

De hecho, los métodos o sistemas actuales funcionan esencialmente de manera exclusiva como decodificadores, en el sentido de que, por ejemplo, el código de barras unidimensional, cuando se capta por el dispositivo inteligente, se espera que esté justo delante de la cámara, alineado con la misma y a una distancia precisa. Dicho de otro modo, los métodos o sistemas actuales esperan o suponen una ubicación y/o tamaño y/o resolución y/u orientación específicos del código de barras dentro de la imagen.

Por tanto, con frecuencia los métodos o sistemas conocidos actuales no proporcionan resultados satisfactorios, dado que en muchos o la mayoría de los casos prácticos el código de barras dentro de una imagen captada tiene una ubicación, tamaño u orientación arbitrarios e inesperados dentro de la imagen.

Problema

Por tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar medios mejorados para detectar y localizar códigos de barras presentes dentro de una imagen digital.

En particular, por ejemplo, un objetivo de la presente invención es simplificar y acelerar la localización de códigos de barras unidimensionales incorporados dentro de una imagen digital.

Solución

Según la presente invención, este objetivo se logra mediante un método según la reivindicación 1 y un sistema informático según la reivindicación 14.

Realizaciones ventajosas y desarrollos adicionales son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

Un método a modo de ejemplo para detectar códigos de barras, por ejemplo códigos de barras unidimensionales, en una imagen digital representada como matriz de imagen digital bidimensional puede comprender una, algunas o la totalidad de las siguientes etapas.

• aplicar un filtro a la matriz de imagen,

• calcular una transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada, en el que la transformada discreta de Radon se calcula para una pluralidad de líneas diferenciadas a través de la matriz de imagen filtrada,

• en el que para cada línea diferenciada dada con una pendiente dada se calcula la transformada discreta de Radon para un número de desplazamientos diferentes de la línea diferenciada dada, en el que dicho número de desplazamientos es menor de dos veces una dimensión de la matriz de imagen,

• detectar en la salida de la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada los puntos de vértice de

un patrón,

• convertir los puntos de vértice detectados de nuevo en líneas diferenciadas en la matriz de imagen para restringir la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital.

En el presente documento la matriz de imagen digital bidimensional o imagen digital puede entenderse, entre otras cosas, como que se representa como una matriz bidimensional de valores de intensidad, por ejemplo una matriz bidimensional de píxeles de imagen.

En resumen, el método a modo de ejemplo descrito anteriormente permite el cálculo simultáneo y eficiente de las sumas de píxeles a lo largo de casi todas las líneas rectas a través de la imagen digital.

Además, en vez de intentar detectar y localizar el código de barras directamente en el dominio de coordenadas de imagen, la presente invención transforma la imagen digital que va a procesarse en un dominio que puede expresarse en términos de pendientes o ángulos y desplazamientos que cubren casi todas las proyecciones posibles de la imagen. En este nuevo dominio, es decir en la salida generada calculando la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada, imágenes del código de barras generan patrones especiales que pueden detectarse más fácilmente que detectar el código de barras en el dominio original, es decir la imagen original o coordenadas de imagen originales.

El término código de barras en el presente documento puede entenderse en particular como que se refiere a un código de barras unidimensional o código de barras lineal, por ejemplo un patrón de líneas paralelas con anchuras variables y separaciones variables entre las líneas.

Además, dichas líneas diferenciadas, que tienen un número finito de puntos de línea o elementos de línea, pueden definirse de tal manera que una línea diferenciada dada pasa por no más de un punto de matriz en cada columna de una/la matriz de imagen.

Una línea diferenciada dada puede, entre otras cosas, parametrizarse por una pendiente, por ejemplo una pendiente *s*, y una intersección, por ejemplo intersección *d*. Dicha pendiente también puede expresarse en términos de un ángulo, que puede definirse como *atan* (s/(N-1)), es decir como la tangente inversa de la pendiente *s*, donde N es un número entero, por ejemplo el número de columnas de una/la matriz de imagen de la imagen que va a procesarse.

Además, el desplazamiento para una línea diferenciada dada con una pendiente dada con respecto a otra línea diferenciada con la misma pendiente también puede estar caracterizado por una/la intersección, por ejemplo una/la intersección con el eje vertical.

El método a modo de ejemplo descrito anteriormente permite una aceleración significativa y reducción de las etapas de cálculo requeridas para obtener una identificación y localización fiables y precisas de un código de barras unidimensional dentro de/incorporado en una imagen digital, por ejemplo una imagen digital captada por una cámara de un dispositivo inteligente tal como un teléfono inteligente.

Esto hace posible detectar, localizar y decodificar códigos de barras en imágenes digitales independientemente de la ubicación, tamaño u orientación del código de barras dentro de una/la imagen digital, dado que el método o la transformación descritos anteriormente es invariable con respecto a variaciones del ángulo/rotación u orientación de un código de barras dentro de/incorporado en una/la imagen.

En particular, la presente invención permite llevar a cabo la totalidad de estas etapas, es decir la detección o localización y la decodificación del código de barras, en una/la unidad de procesamiento, por ejemplo una unidad de procesamiento central (Central Processing Unit, CPU) y/o unidad de procesamiento gráfico (Graphical Processing Unit, GPU), de un dispositivo inteligente habitual tal como un teléfono inteligente.

Por ejemplo, mientras que según el estado de la técnica, para una imagen de un tamaño de N x N píxeles, siendo N un número entero positivo, el tamaño de salida mínimo o número mínimo de cálculos requeridos es de $3N$ x $4N$, según la presente invención el tamaño de salida de la salida resultante a partir de la transformada de Radon de la imagen digital, es decir de la matriz de imagen filtrada, es tan sólo de N x $4N$ y con un límite superior en el número de cálculos, por ejemplo calculando sumas de números enteros, de $\log_2(N) \times 4N^2$.

El método descrito en el presente documento puede dar como resultado ahorros significativos de costes de cálculo en comparación con enfoques de fuerza bruta actuales que requieren al menos un número de $2 \times 4 \times N^3$ cálculos. Por ejemplo, para una imagen con N=512, es decir una imagen de 512 x 512 píxeles, se necesitan menos del 1% de los cálculos en comparación con el enfoque del estado de la técnica, es decir tan sólo 9,4 millones de cálculos en lugar de mil millones de cálculos.

Entre otras cosas, la presente invención supera el prejuicio técnico de que sólo una transformada de Radon total y completa, que es demasiado costosa desde el punto de vista de cálculo como para llevarse a cabo por los procesadores de dispositivos inteligentes móviles actuales, puede proporcionar la base de cálculo suficiente requerida para determinar la ubicación de un código de barras incorporado en una imagen digital.

Dicho de otro modo, la presente invención abre el camino para llevar a cabo detecciones y decodificación de código de barras en datos de imagen en dispositivos inteligentes móviles, tales como teléfonos inteligentes, sin imponer restricciones sobre la ubicación, tamaño y orientación del código de barras dentro de una/la imagen; una tarea anteriormente considerada imposible de llevar a cabo con el poder de procesamiento limitado proporcionado por los teléfonos inteligentes actuales.

Dichas líneas diferenciadas pueden diferir de líneas rectas continuas clásicas ya que no siguen exactamente una línea recta, lo cual puede entenderse a partir de lo siguiente.

Dichas líneas diferenciadas a modo de ejemplo se definen en posiciones de número entero en una matriz de imagen diferenciada de las imágenes que van a procesarse, en la que, por ejemplo, cuando se empieza desde una posición de número entero puede llevarse a cabo una subida o bajada de un número entero de etapas, en el que cada una de las etapas de subida o etapas de bajada visita una posición de número entero de la matriz de imagen diferenciada.

Una línea diferenciada puede definirse, por ejemplo, como un conjunto de puntos diferenciados con pares de coordenadas de (números enteros) $\{x_i,y_i\}$ que atraviesan un dominio bidimensional de tamaño (N, N), con $N = 2^n$ y siendo n un número entero > 1 y siendo i y N números enteros, empezando en la posición $\{x_0 = 0, y_0 = d\}$ y terminando en $\{x_{N-1} = N - 1, y_{N-1} = d + s\}$, es decir al final del eje x esta línea terminará s posiciones por encima de su punto de partida en el eje y, d, en el que *d* es la intersección o el desplazamiento y s la pendiente o el ángulo de la línea.

Este conjunto puede evaluarse como $\{x, l_s^n(x) + d\}$, $\forall x \in 0 \ldots N - 1$. Por ejemplo, para N = 8, n=3, y considerando x y s descompuestos de manera binaria, el término *l* pasa a ser:

$$l^3_{(s_0,s_1,s_2)}(x_0, x_1, x_2) = x_0 \cdot s_2 + x_1 \cdot (s_2 + s_1) + x_2 \cdot (2 \cdot s_2 + s_1 + s_0),$$

y cuando se evalúa, por ejemplo, para s = 3, es decir $s = (s_0,s_1,s_2) = (1,1,0)$, esta fórmula pasará a ser:

$$l^3_{(1,1,0)}(x_0, x_1, x_2) = x_0 \cdot 0 + x_1 \cdot (0 + 1) + u_2 \cdot (2 \cdot 0 + 1 + 1) = x_1 + 2x_2$$

Ahora puede evaluarse esta fórmula para cada x (expresado de manera binaria) entre 0 y N-1 y después de añadir d a cada coordenada y, puede obtenerse la línea deseada.

Alternativa o adicionalmente, una línea diferenciada puede definirse, entre otras cosas, de manera recursiva de la siguiente manera. Por ejemplo, puede descomponerse o dividirse la imagen o matriz de imagen que va a procesarse o el dominio de imagen en dos mitades, que contienen diferentes partes o segmentos de una línea diferenciada.

Por ejemplo, la matriz de imagen o el dominio de imagen puede dividirse en dos mitades a lo largo de un eje horizontal, y dado un número entero de partida y un número par de etapas de subida, puede recomendarse subir la mitad de las etapas de subida en cada una de las mitades de matriz de imagen o mitades de dominio de imagen y para el caso de un número impar de etapas de subida, puede recomendarse llevar a cabo la primera mitad de la subida en la primera mitad de matriz de imagen o primera mitad de dominio de imagen, en el que el número de etapas en la primera mitad es piso ((número de etapas de subida)/2), siendo el piso la función piso, y llevándose a cabo el número restante de etapas de subida en la segunda mitad de matriz de imagen o segunda mitad de dominio de imagen.

Esta fórmula a modo de ejemplo puede generar líneas diferenciadas que conectan dos puntos, es decir dos posiciones de número entero, de la imagen o matriz de imagen que va a procesarse.

Por motivos de completitud, se indica que los puntos de partida (o de terminación) de las líneas diferenciadas que cruzan la matriz de imagen que va a procesarse pueden encontrarse fuera de la matriz de imagen, es decir fuera de los puntos de matriz de imagen o índices de matriz de imagen. Dicho de otro modo, el dominio, por ejemplo el espacio de parámetros abarcado por la pendiente o el ángulo y la intersección o el desplazamiento, en el que pueden describirse las líneas diferenciadas, puede extenderse más allá del dominio, por ejemplo los índices de matriz de imagen, que describe la imagen que va a procesarse.

De manera más formal, una definición recursiva de una línea diferenciada $l_s^n(x) + d$ que atraviesa $N=2^n$ valores, siendo n un número entero, puede facilitarse expresando el término $l_s^n(x)$ como

$$l_s^n(x_0, \ldots, x_{n-1}) = l^{n-1}_{[s/2]}(x_0, \ldots, x_{n-2}) + x_{n-1}\left\lfloor \frac{s+1}{2} \right\rfloor = \cdots$$

$$\ldots = \sum_{i=0}^{n-1} x_{n-1-k} \cdot \left\lfloor \frac{\frac{s}{2^i} + 1}{2} \right\rfloor \qquad \forall x \in \{0..2^n - 1\}$$

en el que $\lfloor\ \rfloor$ designa la función piso.

Además, una transformada discreta de Radon parcial hasta la fase *m* puede definirse como

$$\tilde{f}^{\mathrm{m}}\left(\overbrace{\mathrm{s}_{\mathrm{n-m}}, \overbrace{\mathrm{s}_{\mathrm{n-m+1}}, \cdots, \mathrm{s}_{\mathrm{n-1}}}^{\sigma}}^{\mathrm{s}} \mid \overbrace{\mathrm{v}_{\mathrm{m}}, \cdots, \mathrm{v}_{\mathrm{n-1}}}^{\mathrm{v}} \mid \mathrm{d}\right) = \sum_{\mathbf{x} \in Z_2^m} f\left(\lambda(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{v}) \middle| l^m_{\lambda(\boldsymbol{s})}(\boldsymbol{x}) + d\right)$$

$$\forall \mathrm{s} \in \{0..2^{\mathrm{m}} - 1\},\ \forall \mathrm{v} \in \{0..2^{\mathrm{n-m}} - 1\},\ \forall \mathrm{d} \in \{0..2^{\mathrm{n+1}} - 1\}, \forall \mathrm{m} \in \{0..\mathrm{n}\}$$

En el presente documento el término fase *m*, puede entenderse como una etapa de la transformación que lleva a cabo todas las sumas posibles en $\boldsymbol{v} \in 0..\ 2^{n-m} - 1$ grupos de 2^m columnas consecutivas. Se indica que en la primera fase, cuando m = 0, la transformada parcial $\tilde{f}^0$ será directamente los datos originales, *f*, dado que no tiene ningún sentido sumar en el eje horizontal cuando sólo hay una columna dentro de cada grupo y, por tanto, puede escribirse $\tilde{f}^0(-|\mathrm{v}|\mathrm{d}) = f(\mathrm{x}|\mathrm{y})$. Sin embargo, cuando m = 1, habrá $\frac{\mathrm{N}}{2}$ grupos de tiras que comprenden dos columnas. Cuando m = 2, habrá $\frac{N}{4}$ tiras que comprenden cuatro columnas cada una, y así sucesivamente. En la última fase, cuando m = n, sólo habrá un grupo que contiene todas las columnas, y por tanto puede denominarse, entre otras cosas, transformada final de Radon, $\Re f(\mathrm{s}|\mathrm{d}) = \tilde{f}^{\mathrm{n}}(\mathrm{s}_0, \ldots, \mathrm{s}_{\mathrm{n-1}} \mid \mathrm{d}) = \sum_{\mathrm{x}=0}^{\mathrm{N}-1} f\left(\mathrm{x} \mid l^{\mathrm{n}}_{\lambda(\mathrm{s})}(\mathrm{x}) + \mathrm{d}\right)$.

Por motivos de completitud, se indica que la función lambda, $\lambda(x_0, \ldots, x_{n-1}) = \sum_{i=0}^{n-1} x_i \cdot 2^i$, es de tal manera que convierte de índices multidimensionales binarios en índice unidimensional decimal. Se indica además que el símbolo de barra vertical "|" se ha usado anteriormente para separar los parámetros en matrices: tal como en *f*(x | y); y se han usado comas "," para separar las dimensiones binarias en las que pueden descomponerse esos parámetros.

Además, el mapeo entre dos fases consecutivas puede expresarse como

$$\tilde{f}^{m+1}\left(\overbrace{\underbrace{\mathrm{s}_{\mathrm{n-m-1}}, \overbrace{\mathrm{s}_{\mathrm{n-m}}, \cdots, \mathrm{s}_{\mathrm{n-1}}}^{\sigma:\ \mathrm{m\ bits}}}_{\mathrm{n\ bits}}}^{s:\ \mathrm{m+1\ bits}}, \overbrace{\mathrm{v}_{\mathrm{m+1}}, \ldots, \mathrm{v}_{\mathrm{n-1}}}^{v:\ \mathrm{n-m-1\ bits}}, \mathrm{d}\right) =$$

$$\tilde{f}^{\mathrm{m}}(\boldsymbol{\sigma}|\,0, \boldsymbol{v}|\,\mathrm{d})\ + \tilde{f}^{m}\left(\boldsymbol{\sigma}|\,1, \boldsymbol{v}|\,d + s_{n-m-1} + \lambda(\boldsymbol{\sigma})\right)$$

$$\forall \boldsymbol{s} \in \{0..2^{\mathrm{m+1}} - 1\},\ \forall \boldsymbol{v} \in \{0..2^{\mathrm{n-m-1}} - 1\},\ \forall \mathrm{d} \in \{0..2^{\mathrm{n+1}} - 1\}, \forall \mathrm{m} \in \{0..\mathrm{n} - 1\}$$

En el mismo, el número de bits en fases parciales puede variar y puede depender de *m*, la fase actual. Tal como se mencionó anteriormente, cuando *m* = 0, la matriz $\tilde{f}^0(s|v|d)$ es realmente bidimensional, dado que la variable *s* todavía está vacía, por tanto $\tilde{f}^0(-|v|d)$ se mapea directamente a *f* (x | y), y cuando *m* = *n*, la última fase, la variable *v* puede vaciarse, y por tanto $\tilde{f}^n(s\ |\ -\ |\ d)$ es el resultado deseado $\Re f(s|d)$.

El filtro anteriormente mencionado que puede aplicarse a la imagen digital o matriz de imagen antes de llevar a cabo la transformada discreta de Radon puede ser, por ejemplo, un filtro de detección de borde o un filtro de gradiente. Por ejemplo, el filtro puede calcular el gradiente de los valores de intensidad de los píxeles de imagen.

Aplicar un filtro de este tipo puede enfatizar en particular características en la imagen que va a procesarse en la que el brillo o la intensidad cambia bruscamente o tiene discontinuidades, tal como en particular el caso para códigos de barras.

Por consiguiente, esto puede facilitar, entre otras cosas, la etapa de detectar en la salida de la transformada discreta

de Radon de la matriz de imagen filtrada los puntos de vértice de un patrón, dado que dicho filtro de gradiente a modo de ejemplo también enfatiza los bordes o contornos de dicho patrón.

Por ejemplo, el patrón en la salida de la transformada discreta de Radon de la imagen filtrada puede tener una forma de cuadrilátero, por ejemplo una forma de rombo, dicho filtro de gradiente posible puede enfatizar los bordes o contornos del patrón en forma de cuadrilátero o en forma de rombo, de tal manera que los puntos de vértice del patrón en forma de cuadrilátero o en forma de rombo pueden detectarse y localizarse más fácilmente. Tal como se describe a modo de ejemplo en más detalle a continuación, esto puede mejorar las restricciones sobre la ubicación del código de barras que va a detectarse en la imagen que va a procesarse.

El cálculo anteriormente mencionado de una transformada discreta de Radon para una pluralidad de líneas diferenciadas y para una pendiente dada a través de la matriz de imagen filtrada puede calcularse, entre otras cosas, para un número *N* de desplazamientos de líneas diferenciadas que están más cerca del centro de la matriz de imagen, en el que *N* es un número entero y una dimensión de la matriz de imagen.

Esto puede realizarse para cada ángulo o pendiente de líneas diferenciadas a través de la matriz de imagen filtrada.

Se ha encontrado sorprendentemente que calcular la transformada discreta de Radon de tan sólo dichos *N* desplazamientos centrales es suficiente para detectar y determinar de manera fiable y precisa la ubicación de un código de barras en la imagen que va a procesarse. Por ejemplo, hasta ahora se suponía que se necesitaba calcular al menos 2*N*-1 desplazamientos de líneas diferenciadas por pendiente o ángulo para obtener una estimación para la ubicación de un código de barras.

No sólo es el método presentado en el presente documento más eficiente que calcular todos los posibles desplazamientos y pendientes de líneas diferenciadas a través de la imagen que va a procesarse, sino que también facilita el cálculo o la identificación de los desplazamientos, dado que dichos desplazamientos pueden definirse con respecto a un punto central fijo de la imagen que va a procesarse.

Para simplificar y acelerar adicionalmente el procesamiento anterior y descrito en el presente documento de la imagen para detectar un código de barras incorporado, y si la imagen digital que va a procesarse no tiene ya forma de cuadrado, puede redimensionarse la imagen digital para dar una imagen cuadrada, es decir para dar una matriz de imagen de tamaño *N* x *N*, siendo *N* un número entero.

En particular, una imagen que va a procesarse puede redimensionarse, por ejemplo, mediante corte, relleno o interpolación, para dar una matriz de imagen de tamaño *N* x *N*, siendo $N = 2^n$, siendo n un número entero mayor de 1.

Entre otras cosas, esto puede mejorar la eficiencia de procesamiento de la imagen, dado que la imagen puede dividirse en la mitad o incluso en factores adicionales de dos, de tal manera que el procesamiento de la imagen, por ejemplo el cálculo de la transformada de Radon, puede llevarse a cabo en paralelo para las diferentes mitades de subpartes de la imagen.

Además, la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada puede llevarse a cabo para cuatro cuadrantes, en la que un cuadrante puede definir un intervalo específico de pendientes o ángulos de líneas diferenciadas a través de la matriz de imagen filtrada para la que tiene que calcularse la transformada discreta de Radon.

Por ejemplo, el primer cuadrante puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde 0º hasta 45º, el segundo cuadrante puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde 45º hasta 90º, el tercer cuadrante puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde -90º hasta -45º, y el cuarto cuadrante puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde -45º hasta 0º.

Además, una copia rotada y transpuesta de la transformada de Radon calculada del primer cuadrante puede definir un quinto cuadrante que puede adjuntarse al cuarto cuadrante y al primer cuadrante.

La introducción del quinto cuadrante, que puede conectar el cuarto cuadrante y el primer cuadrante de manera similar a una banda de Möbius o tira de Möbius, puede ayudar a evitar efectos de borde que pueden dificultar la detección y localización de un código de barras que está ubicado cerca o en el borde de una imagen que va a procesarse.

Tal como se mencionó anteriormente el método descrito en el presente documento es más eficiente que métodos actuales para calcular una transformada discreta de Radon con el fin de detectar y localizar un código de barras en una imagen.

Por ejemplo, la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada puede llevarse a cabo por cada columna o columna de datos de la matriz de imagen filtrada. Esto puede permitir, entre otras cosas, una gestión de memoria de procesador informático más eficiente y en la que, por ejemplo, pueden asignarse memorias intermedias independientes para el cálculo de las columnas impares y pares de transformada de Radon de la matriz de imagen

filtrada.

Por ejemplo, si para un cuadrante que va a calcularse sólo se calculan *N* desplazamientos centrales de cada uno de los *N* ángulos de líneas diferenciadas a través de la imagen que va a procesarse, entonces en cada fase intermedia de la transformada discreta de Radon sólo se requiere calcular *N* x *N* valores que están distribuidos como *N* tiras o columnas de datos de *N* valores.

Por ejemplo, en el primer cuadrante, que cubre las pendientes s o ángulos de líneas diferenciadas desde 0º hasta 45º, puede considerarse sólo la parte central de desplazamientos *d* que varían entre $2N - \lfloor \frac{s+1}{2} \rfloor$ y $2N - \lfloor \frac{s+1}{2} \rfloor - N$ cuando se considera que la posición superior o máxima de *d* es 2N.

En particular, la relación de cálculo entre tiras de datos o columnas de datos puede expresarse y aprovecharse a modo de ejemplo de la siguiente manera.

Se consideran los datos en una determinada fase *m* + 1 que se calculará a partir de datos de una fase anterior *m*, siendo *m* un número entero que oscila entre 0 y *n*-1, siendo *n* un número entero y siendo $n=\log_2(N)$.

Se consideran además dos columnas de datos o tiras de datos consecutivas en el dominio bidimensional (*d*,*s*), perteneciendo los índices *S*, pares, y *S* + *1*, impares, a la fase *m* + 1.

Con el fin de calcular los *N* valores deseados de cada una de estas columnas, pueden sumarse entre sí dos tiras de longitud N procedentes columnas con índices S_0 y S_1. En el mismo, el punto de partida a lo largo del eje *d* de las columnas que van a sumarse puede depender de los valores Δd_{par}, Δd_{impar} y ΔS_1.

Entonces, el índice S de la fase m+1 puede, por ejemplo, subdividirse según una expresión binaria de la siguiente manera.

$$S = \left[0, \underbrace{\sigma}_{m \text{ bits}}, \underbrace{v}_{n-m-1 \text{ bits}}\right] = 0 + \sigma \ll 1 + v \ll (m+1).$$

Entonces, los índices de la fase m pueden expresarse como

$$S_0 = \sigma + v \ll (m+1) \quad \text{y} \quad S_1 = S_0 + 1 \ll m.$$

Para calcular el punto de partida de las tiras o columnas en el otro eje, d, puede definirse

$$\Phi = \frac{\left(2^{m+1} - \left(m < (n-1)\right)\right) \cdot (2^{n-m-2} - v)}{2^{m+1} - 1} \cdot (v < 2^{n-m-2}).$$

Con este valor puede calcularse:

$$\Delta_{d_{par}} = \lfloor 2 \cdot \sigma \cdot \Phi \rfloor, \Delta_{d_{impar}} = \lceil \Phi \rceil \quad \text{y} \quad \Delta_{d_{S_1}} = \sigma.$$

En estas formulas, $\lceil \cdot \rceil$ y $\lfloor \cdot \rfloor$ son, respectivamente, los operadores de redondeo al siguiente número entero más grande y más pequeño, el símbolo << se refiere al desplazamiento binario y < es la comparación *menor que* evaluada con respecto a 0 ó 1.

Dicho de otro modo, en el método propuesto en el presente documento, pueden sumarse entre sí dos columnas de datos de una fase dada y el resultado de dicha suma puede depositarse o almacenarse en un lugar o posición de memoria en el que el cálculo de una columna a partir de una fase posterior diferente puede buscarlo o lo buscará.

Además, en cada etapa del cálculo dos memorias intermedias pueden almacenar los datos a partir de la fase *m* y los datos a partir de la fase *m*+1.

El siguiente pseudocódigo es una implementación a modo de ejemplo de un algoritmo que comprende las etapas anteriores, y muestra a modo de ejemplo cómo los valores definidos S, S_0, S_1, Δd_{par}, Δd_{impar} y ΔS_1 relacionan datos en columnas de dos fases consecutivas S y S_1, y en el que:

• N datos en la columna S bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par}, son el resultado de sumar N datos en la columna S_0 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par}, y N datos en la columna S_1 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} + ΔS_1

• N datos en la columna S+1 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} - Δd_{impar}, son el resultado de sumar N datos en la columna S_0 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} - Δd_{impar}, y N datos en la columna S_1 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} - Δd_{impar} + Δ_{S1} + 1

Algoritmo 1. Calcular los N desplazamientos centrales de DRT de un cuadrante

Entrada: imagen f(x,y) que consiste en NxN datos

Salida: transformada de Radon central de f, $\mathfrak{R}f(\mathrm{s},\ \mathrm{d})$, que consiste en NxN datos

$n \leftarrow \log_2(N)$
$f^m \leftarrow$ ceros(N, 3 * N/2)
$f^{m+1} \leftarrow$ ceros(N, 3 * N/2)
$f^m(0 : N-1,\ N/2 : 3 * N/2 - 1) \leftarrow f(0 : N-1,\ 0 : N-1)$
superior $\leftarrow$ 3 * N/2 – 1
para m = 0 a n – 1 hacer
  para s = 0 a N/2 – 1 hacer
    $\sigma \leftarrow s$ & ((1<<m) – 1)
    $\nu \leftarrow s >> m$
    $S_0 \leftarrow (\nu << (m + 1)) + \sigma$
    $S_1 \leftarrow S_0 + (1 << m)$
    $S \leftarrow s << 1$
    $\Phi \leftarrow ((1 << (m + 1)) - (m < (n - 1))) * ((1 << (n - m - 2)) - \nu)$
        / ((1 << (m + 1)) – 1) * (ν < (1 << (n – m – 2)))
    $\Delta d_{par} \leftarrow$ piso(2*σ*Φ)
    $\Delta d_{impar} \leftarrow$ techo(Φ)
    $\Delta dS_1 \leftarrow \sigma$
    f^{m+1}(S, *superior* – Δd_{par} – N : *superior* – Δd_{par}) ←
      suma($f^m(S_0$, *superior* – Δd_{par} – N + 1 : *superior* – Δd_{par}),
          $f^m(S_1$, *superior* – Δd_{par} + ΔdS_1 – N + 1 : *superior* – Δd_{par} + ΔdS_1))
    $f^{m+1}(S + 1$, *superior* – Δd_{par} – Δd_{impar} – N +1 : *superior* – Δd_{par} – Δd_{impar}) ←
      suma($f^m(S_0$, *superior* – Δd_{par} – Δd_{impar} – N + 1 : *superior* – Δd_{par} – Δd_{impar}),
          $f^m(S_1$, *superior* – Δd_{par} – Δd_{impar} + ΔdS_1 +1 – N + 1 :
              superior – Δd_{par} – Δd_{impar} + ΔdS_1 + 1))
  fin para
  $f^m \leftarrow f^{m+1}$
  $f^{m+1} \leftarrow$ ceros(N, 3 * N/2)
fin para
para s = 0 a N – 1 hacer
  $\mathfrak{R}f(s,\ 0 : N-1) \leftarrow f^m(s$, piso(*superior* – ($s$ + 1)/2 – N : piso(*superior* – (s + 1)/2))
fin para
devolver $\mathfrak{R}f$

Sin embargo, dependiendo de la disposición de memoria del ordenador que realiza el método descrito en el presente documento puede usarse una versión de algoritmo centrada en filas.

Tal como se indicó anteriormente, la salida generada calculando la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada, imágenes del código de barras generan / se transforman en patrones especiales en el dominio o espacio de parámetros *(d,s)*, es decir el dominio de desplazamiento / intersección y de pendiente / ángulo, que pueden detectarse más fácilmente que detectar el código de barras en el dominio original, es decir la imagen original o coordenadas de imagen originales.

En particular, por ejemplo, dichos patrones pueden comprender bordes o puntos de vértice que pueden detectarse en la salida generada calculando la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada. Dichos bordes o puntos de vértice comprenden información que puede restringir la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital que va a procesarse.

En particular, por ejemplo, dicho patrón puede ser una forma de cuadrilátero, por ejemplo una forma de rombo.

Más precisamente, los bordes o puntos de vértice detectados del patrón en la salida de transformada de Radon pueden convertirse de nuevo en líneas diferenciadas en la matriz de imagen para restringir la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital.

De ese modo, por ejemplo, la detección de los puntos de vértice del patrón puede basarse en sus valores de intensidad y varianza en la salida de la transformada discreta de Radon.

Además o alternativamente, la detección de los puntos de vértice del patrón, por ejemplo el patrón en forma de

cuadrilátero o rombo, puede llevarse a cabo por medio de red neuronal que se ha entrenado para la detección de dichos puntos de vértice.

La restricción de la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital puede comprender de ese modo, entre otras cosas, calcular el promedio del índice vertical de un punto de vértice superior detectado y un punto de vértice inferior detectado del patrón detectado. Esto puede restringir la pendiente o el ángulo del código de barras en la imagen que va a procesarse.

Restringir la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital puede comprender además calcular la diferencia del índice horizontal de dos puntos de vértice lateral detectados, por ejemplo un punto de vértice izquierdo y uno derecho, del patrón detectado.

Además, convertir los puntos de vértice detectados de nuevo en líneas diferenciadas en la matriz de imagen puede comprender convertir dos puntos de vértice laterales detectados, por ejemplo un punto de vértice izquierdo y uno derecho y/o un punto de vértice superior y uno inferior o cualquier otra combinación de puntos de vértice, en parámetros de línea de dos líneas diferenciadas en la matriz de imagen y calcular un punto de cruce de dichas dos líneas diferenciadas.

Dicho punto de cruce puede restringir, por ejemplo, la ubicación del centro del código de barras en la imagen que va a procesarse.

Por ejemplo, convertir los puntos de vértice detectados a partir del espacio de parámetros *d* y *s* de Radon de la salida de la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada al espacio de parámetros x e y de líneas en la imagen puede comprender, por ejemplo, para el cuadrante de 0º a 45º, calcular la relación $y = d + s / (N-1) \cdot x$.

Para el de 45º a 90º la relación puede expresarse como: $x = - d + (N-1-s) / (N-1) \cdot y$.

Para el de -45º a 0º la relación puede expresarse como: $x = d - s/(N-1) \cdot y$.

Para el de -90º a -45º la relación puede expresarse como: $y = d + (s-N+1)/(N-1) \cdot x$.

A modo de ejemplo, un método para detectar códigos de barras en una imagen digital representada como una matriz de imagen digital bidimensional puede comprender una, algunas o la totalidad de las siguientes etapas a modo de ejemplo.

• Captar una imagen con una cámara de dispositivo móvil inteligente, opcionalmente una región cuadrada en el centro o una imagen con cualquier relación de aspecto

• Si es necesario, redimensionar la imagen de modo que pasa a ser una imagen cuadrada de tamaño N x N, por ejemplo con un tamaño de N= 512 o N= 1024 (dependiendo de la capacidad de cálculo del dispositivo)

• Calcular el módulo de los gradientes del canal de luminancia de la imagen (cuadrada)

• Calcular la transformada discreta de Radon del/de los gradiente(s) calculado(s) para cuatro cuadrantes, en el que sólo se calculan los N desplazamientos centrales para cada ángulo o pendiente de una línea diferenciada a través de la imagen

• Adjuntar una versión volteada en sentido vertical y horizontal del primer cuadrante a la derecha del 4º cuadrante para obtener una versión de cinco cuadrantes de la transformada discreta de Radon para N desplazamientos centrales (Discrete Radon Transformation for N central displacements, DRTN),

• Localizar el rombo más prominente en la versión de cinco cuadrantes (DRTN), por ejemplo basándose en su media mayor y su varianza relativa menor, por ejemplo

  ■ analizando localmente la media y varianza de parches no solapantes de la versión de 5 cuadrantes de la DRTN

  ■ ordenando los parches mediante esa medida y tomando sólo los más grandes, agrupándolos si son adyacentes y extrayendo los vértices del rombo resultante

  ■ y/o

  ■ pasando la versión de cinco cuadrantes de la DRTN a una red neuronal que se ha entrenado anteriormente para reconocer vértices de rombos en miles de pares a modo de ejemplo de imágenes que contienen códigos de barras como entrada y ubicación de rombos en la DRTN de su gradiente como salida

• Calcular el promedio del índice s de vértices superior e inferior del rombo: esto es la pendiente del código de barras en el espacio de imagen cuadrada

• Tomar la diferencia en el eje d entre los vértices superior e inferior: esto es un indicador de la altura del código de barras en el espacio de imagen cuadrada

• Convertir las coordenadas de los vértices izquierdo y derecho del rombo en parámetros de línea en el espacio de imagen cuadrada y calcular el punto de cruce entre estas dos líneas: esto es el centro aproximado del código de barras en el espacio de imagen cuadrada

• Si la imagen procedente de la cámara se ha redimensionado y/o estirado en las etapas opcionales descritas anteriormente, entonces convertir todos los indicadores y restricciones calculados anteriores para la ubicación de código de barras relacionados actualmente a las coordenadas de imagen cuadrada en coordenadas de imagen originales

• Usar la altura, pendiente y coordenadas de centro derivadas del código de barras en coordenadas de imagen originales mediante un software de decodificador de código de barras que analiza una única línea a través del centro del código de barras detectado y localizado; o que analiza una mezcla de varias líneas que invierten longitudinalmente el código de barras alrededor de su centro.

El método y las etapas de método descritos en el presente documento pueden llevarse a cabo por medio de un sistema informático, es decir un sistema informático a modo de ejemplo puede estar configurado para llevar a cabo un método según cualquiera de las etapas de método anteriores.

Dicho sistema informático a modo de ejemplo puede comprender, por ejemplo, un dispositivo inteligente, por ejemplo un dispositivo móvil inteligente con una cámara.

Además, uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden tener almacenados en los mismos instrucciones que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores de un sistema informático, pueden indicar al uno o más procesadores que realicen el método o las etapas de método descritos en el presente documento para detectar códigos de barras en una imagen digital.

Las siguientes figuras ilustran aspectos a modo de ejemplo para entender mejor la presente invención.

Figura 1a: línea diferenciada a modo de ejemplo con subida par

Figura 1b: línea diferenciada a modo de ejemplo con subida impar

Figura 1c: líneas diferenciadas a modo de ejemplo para matriz de imagen a modo de ejemplo de tamaño 8 x 8

Figura 2a: transformada discreta de Radon a modo de ejemplo para primer cuadrante

Figura 2b: cuatro cuadrantes a modo de ejemplo de transformada discreta de Radon

Figura 3a: líneas diferenciadas / proyecciones a modo de ejemplo y sus contribuciones de suma para pendiente o subida = 0

Figura 3b: líneas diferenciadas / proyecciones a modo de ejemplo y sus contribuciones de suma para pendiente o subida = N-1

Figura 3c: contribuciones a modo de ejemplo de número de píxeles que participan en el cálculo de una transformada de Radon convencional clásica para los dos primeros cuadrantes

Figura 3d: contribuciones a modo de ejemplo de número de píxeles que participan en el cálculo de una transformada discreta de Radon para N desplazamientos centrales (DRTN) para los dos primeros cuadrantes

Figura 4: patrones de memoria o posiciones de memoria a modo de ejemplo para diferentes fases de cálculos de una transformada discreta de Radon

Figura 5: esquema de cálculo a modo de ejemplo para columnas de datos o tiras de datos

Figura 6: ejemplo para restringir la ubicación de un código de barras incorporado en una imagen

Las figuras, figura 1a, figura 1b y figura 1c, muestran a modo de ejemplo algunos aspectos de líneas diferenciadas 103, 104 a través de una matriz de imagen o imagen 100, 105 que va a procesarse, a lo largo de la cual puede calcularse una transformada discreta de Radon tal como se describe en el presente documento.

Por ejemplo, la imagen o matriz de imagen 100 en la figura 1a y la figura 1b puede tener un tamaño N x N, con $N = 2^n$, y siendo n un número entero mayor de 1, y en la que cada punto de matriz de imagen puede identificarse mediante un par de índices a modo de ejemplo (i, j) con $0 \leq i, j < N$, y siendo i, j números enteros.

Dicho indexado es simplemente a modo de ejemplo, y, entre otras cosas, puede concebirse que pueden usarse otros esquemas de índices, por ejemplo en los que los índices empiezan a partir de 1 en vez de 0.

Dicha imagen o matriz de imagen o dominio de imagen a modo de ejemplo 100 puede dividirse a lo largo de un eje, por ejemplo el eje horizontal, en dos mitades 101, 102 de anchura $N/2$, por ejemplo abarcando la primera mitad 101

una anchura de desde 0 hasta *N*/2 -1 y abarcando la segunda mitad una anchura de desde N/2 hasta *N*-1.

La línea diferenciada representada a modo de ejemplo 103 puede definirse dependiendo de la intersección *d* y la pendiente o ascenso *s*, en la que *d* y s pueden ser números enteros con signo.

Dicha línea diferenciada a modo de ejemplo 103 de la figura 1a comprende a modo de ejemplo un número par de etapas de subida y conecta a modo de ejemplo los puntos de matriz (0,d) y (*N*-1, *d*+*s*) y en la que la primera mitad de la subida o ascenso de la línea diferenciada 103 se produce en la primera mitad 101 de la matriz de imagen 100 y en la que la segunda mitad de la subida o ascenso de la línea diferenciada 103 se produce en la segunda mitad 102 de la matriz de imagen 100.

Los números de referencia 108, 109 designan a modo de ejemplo el punto de partida y el punto de terminación de la línea diferenciada 103.

La línea diferenciada a modo de ejemplo 104 de la figura 1b comprende a modo de ejemplo un número impar de etapas de subida y conecta a modo de ejemplo los puntos de matriz (0,d) y (N-1, d + 2 (piso (s/2)) + 1) y en la que un número par de etapas de subida o ascenso de la línea diferenciada 104 se produce en la primera mitad 101 de la matriz de imagen 100, siendo dicho número par piso ((número de etapas de subida)/2), siendo el piso la función piso, y en la que el número de etapas de subida o ascenso de la línea diferenciada 104 se produce en la segunda mitad 102 de la matriz de imagen 100.

Los números de referencia 110, 111 designan a modo de ejemplo el punto de partida y el punto de terminación de la línea diferenciada 104.

La figura 1c muestra a modo de ejemplo un ejemplo específico para dos líneas diferenciadas 106, 107 a través de una matriz de imagen 105 con *N*=8.

En la misma, la línea diferenciada a modo de ejemplo 106 conecta la puntos de matriz de imagen (0,4) y (7,6), es decir la línea 106 sube dos etapas de subida, llevándose a cabo una primera etapa de subida en la primera mitad de imagen o primer dominio de imagen y llevándose a cabo la segunda etapa de subida en la segunda mitad de imagen o segundo dominio de imagen.

La línea diferenciada a modo de ejemplo 107 conecta los puntos de dominio de imagen (0,-1) y (7,4), es decir la línea 176 sube 5 etapas de subida, llevándose a cabo las dos primeras etapas de subida en el primer dominio de imagen y llevándose a cabo otras dos etapas de subida en la segunda mitad de imagen o segundo dominio de imagen, y llevándose a cabo la etapa de subida restante entre las dos mitades.

Por motivos de completitud, se indica que los puntos de partida (o de terminación) de las líneas diferenciadas que cruzan la matriz de imagen que va a procesarse pueden encontrarse fuera de la matriz de imagen, es decir fuera de los puntos de matriz de imagen o índices de matriz de imagen.

La figura 2a muestra una transformada discreta de Radon a modo de ejemplo para el primer cuadrante 204 para una imagen o matriz de imagen que va a procesarse 200 de tamaño $N^2 = N \times N$, con $N = 2^n$, siendo n un número entero mayor de 1 y siendo N un número natural.

La matriz de imagen a modo de ejemplo 200 puede describirse, por ejemplo, en el plano (x, y) 201 y puede comprender *N* x *N* puntos de matriz de imagen que pueden identificarse mediante un par de índices a modo de ejemplo (*i, j*) con $0 \leq i, j < N$, y siendo *i, j* números enteros.

A modo de ejemplo, la esquina inferior izquierda de la imagen o matriz de imagen 200 coincide con el origen del plano (x, y) 201, es decir el punto de matriz de imagen (0,0).

El dominio en el que se describen las líneas diferenciadas a lo largo del cual puede llevarse a cabo una transformada discreta de Radon sobre la imagen 200, puede parametrizarse a modo de ejemplo en el dominio de los parámetros de intersección o desplazamiento *d* y ángulo o pendiente *s*.

A modo de ejemplo se muestra una línea diferenciada 202 para la que puede calcularse una transformada discreta de Radon.

Dicha línea diferenciada a modo de ejemplo 202 sólo atraviesa o entra en contacto con un punto de la imagen o matriz de imagen que va a procesarse 200 y dicha línea diferenciada a modo de ejemplo 202 puede describirse, por ejemplo, como que empieza a partir de la intersección o el desplazamiento *d* = - *N* +1 y sube con una pendiente *s* = *N*, es decir sube N etapas.

De hecho, para el desplazamiento *d* = - *N* +1, la única suma distinta de cero de la transformada discreta de Radon en el primer cuadrante será la que sube N etapas o posiciones, es decir la línea diferenciada 202. Aumentando el desplazamiento hasta el desplazamiento *d* = -1, el número de subidas no nulas aumenta de manera continua y, entonces, desde el desplazamiento *d* = 0 hasta *d* = *N*-1 y para todas las subidas posibles las sumas no son nulas.

Como ejemplo adicional, se representa la línea diferenciada 210, que coincide a modo de ejemplo con el borde inferior o la fila inferior de la imagen 200 y puede describirse como que empieza a partir de la intersección o el desplazamiento *d* = 0 y progresa o avanza durante N etapas con una pendiente *s* = 0, es decir horizontalmente.

Aplicar a modo de ejemplo una transformada discreta de Radon, designada con 203, para una/la pluralidad de líneas diferenciadas a lo largo de la imagen 200 genera una salida 204 en el dominio o espacio de dominio descrito en el plano (*d*, *s*) 208, es decir en el dominio parametrizado mediante la intersección o el desplazamiento *d* y el ángulo o la pendiente *s*.

En particular, la salida calculada a modo de ejemplo representada 204 puede generarse llevando a cabo una transformada discreta de Radon para un/el conjunto de líneas diferenciadas que comprende 2*N* desplazamientos con pendientes de desde 0º hasta 45, es decir el intervalo de pendientes de líneas diferenciadas en el primer cuadrante.

Dicha salida 204 tiene un tamaño de $N^2 + N (N-1) / 2$ y tiene la forma representada a modo de ejemplo.

Dicha salida 204 también puede denominarse cálculo de transformada de Radon de un cuadrante y, más precisamente, cálculo de transformada de Radon del primer cuadrante.

La figura 2b muestra a modo de ejemplo la forma de los cuatro cuadrantes 204, 205, 206, 207 que van a calcularse en el dominio de Radon o espacio de dominio de Radon 209 para obtener una transformada discreta de Radon global completa de la imagen 200 que va a procesarse.

Por motivos de completitud, se indica que el eje horizontal en la figura 2b se parametriza mediante el ángulo *atan* (s/(N-1)). Sin embargo, también puede parametrizarse simplemente mediante pendiente s.

Tal como se mencionó anteriormente, un cuadrante puede definir un intervalo específico de pendientes o ángulos de líneas diferenciadas a través de la matriz de imagen filtrada para la que tiene que calcularse la transformada discreta de Radon.

Por ejemplo, el primer cuadrante 204 puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas o ángulos de desde 0º hasta 45º (de 0 a π / 4), el segundo cuadrante 205 puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde 45º hasta 90º (de π / 4 a π / 2), el tercer cuadrante 206 puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde -90º hasta -45º (de -π / 2 a -π / 4), y el cuarto cuadrante 207 puede cubrir pendientes de líneas diferenciadas de desde -45º hasta 0º (de -π / 4 a -0).

La figura 3a muestra a modo de ejemplo una imagen o matriz de imagen 300 que va a procesarse y que tiene un tamaño de $N^2 = N \times N$, con N = 8, es decir una imagen que comprende 8 x 8 píxeles.

Esta figura muestra además un conjunto a modo de ejemplo de proyecciones o conjunto de líneas diferenciadas 301 con ángulo o pendiente s = 0 pero con 2*N* intersecciones o desplazamientos diferentes d, a lo largo de los cuales puede llevarse a cabo una transformada de Radon.

En la misma, el número de referencia 302 designa un conjunto de agrupaciones a modo de ejemplo que cuentan para cada línea diferenciada dada 301 o para cada proyección dada el número de pixel de imagen 305 que contribuirá al término de suma de la / una transformada de Radon para dicha línea diferenciada o proyección dada.

En el caso mostrado a modo de ejemplo, para cualquier proyección o línea diferenciada 301 que cruza o atraviesa la imagen 300, el número de pixel de imagen 305 que contribuye al término de suma de la / una transformada de Radon de tal proyección o línea diferenciada será de 8.

La figura 3b muestra de nuevo a modo de ejemplo la imagen o matriz de imagen 300 de la figura 3a, pero muestra a modo de ejemplo un conjunto a modo de ejemplo de proyecciones o conjunto de líneas diferenciadas 303 con un ángulo o pendiente diferente tal como se muestra en la figura 3a, concretamente con un ángulo de 45º (o atan(s/(N-1))=) π /4 o pendiente s = N-1.

De nuevo, se muestran 2*N* intersecciones o desplazamientos diferente d para dicho ángulo o pendiente, a lo largo de los cuales puede llevarse a cabo una transformada de Radon.

Con analogía a la figura 3a, el número de referencia 304 designa un conjunto de agrupaciones a modo de ejemplo que cuentan para cada línea diferenciada dada 303 o para cada proyección dada el número de pixel de imagen 305 que contribuirá al término de suma de la / una transformada de Radon para dicha línea diferenciada dada o proyección dada.

Sin embargo, en contraposición al caso representado en la figura 3a, el número de pixel de imagen 305 que contribuye al término de suma de la / una transformada de Radon a lo largo de las proyecciones o líneas diferenciadas 303 que cruzan o atraviesan la imagen 300 varía.

Por ejemplo, mientras que para la proyección o línea diferenciada 306, es decir con *s* = N-1 y *d* = 0, el número de

pixel de imagen 305 que contribuirá al término de suma de la / una transformada de Radon será de 8, el número de pixel de imagen contribuyente 305 para cualquier otro desplazamiento, es decir para cualquier otra proyección o línea diferenciada 302, será menor de 8.

La figura 3c muestra entre otras cosas, a modo de ejemplo y de manera esquemática, en el dominio (d,s) 313, el número de píxeles o que participan en el cálculo para cada valor de los dos cuadrantes centrales 307, 308 de una transformada de Radon convencional o clásica llevada a cabo en la imagen o matriz de imagen a modo de ejemplo 300 de tamaño 8 x 8 de la figura 3a o la figura 3b, y en la que los contornos 311, 312 marcan a modo de ejemplo cálculos o valores de la transformada de Radon que no son cero, o que marcan el número de píxeles que contribuyen a los términos de suma de la transformada de Radon que no son cero.

En contraposición al estado de la técnica, la presente invención permite calcular la transformada (discreta) de Radon por cuadrante de manera más eficiente de tal manera que para cada línea diferenciada dada con una pendiente dada la transformada discreta de Radon sólo se calcula para un número de desplazamientos que es menor de dos veces una/la dimensión de la matriz de imagen.

En particular, la presente invención permite calcular la transformada discreta de Radon para N desplazamientos centrales (DRTN) de una línea diferenciada dada con una pendiente dada.

A modo de ejemplo, el número de píxeles contribuyentes para N desplazamientos centrales (DRTN) de una línea diferenciada dada con una pendiente dada para los dos cuadrantes mostrados a modo de ejemplo 307, 308 se marca mediante los contornos 309 y 310.

La figura 3d muestra a modo de ejemplo sólo el número de píxeles contribuyentes 309, 310 para N desplazamientos centrales (DRTN) de una línea diferenciada dada con una pendiente dada para los dos cuadrantes mostrados a modo de ejemplo 307, 308 de una manera reordenada, ilustrando de esa manera a modo de ejemplo un efecto ventajoso a modo de ejemplo de la presente invención, en la que el número o escala de cálculos o unidades de memoria requeridas en el dominio (d,s) para un cuadrante se ha reducido desde $2N$ x N hasta N x N.

Dicho de otro modo, la presente invención puede proporcionar ahorros significativos de requisitos de memoria y cálculo.

La figura 4 muestra a modo de ejemplo y de manera esquemática patrones de memoria de datos o posiciones de memoria de datos 400, 401, 402, 403, 404 en el dominio 405 de ángulos o pendientes s e intersecciones o desplazamientos d, para diferentes fases *m*, siendo m un número entero que oscila entre 0 y n, por ejemplo siendo n un número entero n=4, de cálculos de una transformada discreta de Radon para una imagen o matriz de imagen que va a procesarse, por ejemplo una matriz de imagen N x N, con $N=16=2^n=2^4$.

En el presente documento y en general, el término fase *m* puede entenderse, entre otras cosas, como una etapa de cálculo(s) de la transformada discreta de Radon para una imagen o matriz de imagen que va a procesarse, siendo la fase m = 0, por ejemplo 400, la etapa al comienzo cuando aún no se ha calculado ningún término de suma para la transformada discreta de Radon y siendo la última fase, por ejemplo, la fase 404 con m = n, siendo *n* un número entero y con $n=\log_2(N)$, la etapa en la que se han llevado a cabo todas las etapas de cálculo de transformada discreta de Radon. Cualquier fase intermedia, por ejemplo 401, 402, 403, puede referirse entonces a fases en las que sólo se han llevado a cabo parte de las etapas de cálculo de transformada discreta de Radon requeridas, es decir a fases en las que sólo se ha calculado parcialmente la transformada discreta de Radon.

En el presente documento, el patrón de memoria 400, que representa a modo de ejemplo la fase inicial o fase de entrada con m=0, puede entenderse, entre otras cosas, como espacio de memoria o posición de memoria en un sistema informático reservado para contener o almacenar valores de cálculo de cálculos que van a llevarse a cabo durante el cálculo de una transformada discreta de Radon para una imagen o matriz de imagen de entrada que va a procesarse.

Para una transformada discreta de Radon convencional con una matriz de imagen N x N como entrada, el tamaño del patrón de memoria o las posiciones de memoria de datos tendrá al menos un tamaño N en las posiciones de ángulo o pendiente s (eje horizontal) y un tamaño 2N en las intersecciones o desplazamientos d (eje vertical), en la que, por ejemplo, en la primera fase, la mitad inferior 406 (marcada con color de relleno gris sombreado) del patrón de memoria puede llenarse con ceros y en la que la otra mitad 407 (sin relleno / de color blanco), por ejemplo la mitad superior, puede llenarse, por ejemplo, con valores de intensidades del pixel de imagen de la imagen o matriz de imagen, por ejemplo de tamaño N x N, que va a procesarse.

Sin embargo, en vez de requerir el espacio de memoria completo de tamaño N x 2N, la presente invención permite usar un espacio de memoria más reducido o permite un uso más eficiente del espacio de memoria.

En el ejemplo representado, puede entenderse, entre otras cosas, que el pixel blanco o las regiones blancas designan una posición o posiciones en el espacio de dominio (d,s) 405 que se necesita calcular, por ejemplo según el método descrito en el presente documento.

Puede entenderse, entre otras cosas, que el pixel gris / sombreado o las regiones grises / sombreadas designan aquellas posiciones en el espacio de dominio (d,s) 405 que deben calcularse con técnicas de transformada discreta de Radon convencionales, pero que pueden evitarse con el método propuesto en el presente documento.

Tal como resulta evidente a partir de la figura 4, las columnas o tiras de datos que van a calcularse pueden moverse de este modo gradualmente hacia abajo.

Tal como se comentó anteriormente, la relación de cálculo entre tiras de datos o columnas de datos puede aprovecharse constatando que datos en una determinada fase m + 1 pueden calcularse a partir de datos de una fase anterior m, siendo m un número entero que oscila entre 0 y n-1, siendo n un número entero y con $n=\log_2(N)$.

En particular, por ejemplo, en la transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN), dos tiras de datos o columnas de datos de longitud N de una fase, por ejemplo tiras de datos o columnas de datos de números par e impar, pueden sumarse entre sí para obtener una tira de datos o columna de datos de la siguiente fase.

Dicho de otro modo, en cada fase sólo se requiere calcular N valores por columna de datos o tira de datos.

Una tira de datos o columna de datos a modo de ejemplo de longitud (vertical) N de la fase intermedia 403, por ejemplo con m=3, se designa a modo de ejemplo con el número de referencia 408.

Este esquema de cálculo basado en columna de datos o tira de datos a modo de ejemplo de la transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) cuando se lleva a cabo para n fases puede converger entonces en la última fase 404 para dar un patrón de memoria o región de memoria o huella designado mediante el número de referencia 409 y que tiene el tamaño de la imagen o matriz de imagen de entrada, por ejemplo de tamaño N x N. Esa huella a modo de ejemplo 409 corresponde a la porción de datos o cálculos de datos que se considera que son suficientes y es análoga a las porciones de datos 309 ó 310 mostradas de manera rectificada en la figura 3d, aunque allí para el caso N = 8.

En comparación, un esquema de cálculo de transformada discreta de Radon convencional conducirá al mayor patrón de memoria o región de memoria o huella designado mediante el número de referencia 410.

Se ha encontrado de manera inesperada y sorprendente que, aunque todos estos píxeles grises / sombreados en dicha huella 410 pueden portar información diferente de cero, esta información puede ignorarse de manera segura, dado que se encontró que el peso o la significación de esta información es marginal en comparación con la información (sumas diferentes de cero) contenida en el pixel blanco, es decir en la región de memoria o huella 409 obtenida a partir de la transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN).

La figura 5 ilustra a modo de ejemplo un esquema de cálculo que funciona en el espacio de dominio de intersección o desplazamiento d y ángulo o pendiente s, (d,s) a modo de ejemplo 502 para columnas de datos o tiras de datos a modo de ejemplo S_0, S_1, S y S + 1, designadas con los números de referencia 503, 504, 505 y 506 de dos fases consecutivas a modo de ejemplo m y m+1, designadas con los números de referencia 500 y 501.

Tal como se indicó anteriormente, en el método propuesto en el presente documento el cálculo de columnas de datos o tiras de datos en una fase dada de cálculo de una transformada discreta de Radon puede aprovechar el cálculo de columnas de datos o tiras de datos a partir de la fase anterior.

Por ejemplo, en este caso los datos en la fase a modo de ejemplo m + 1 pueden calcularse a partir de datos de la fase anterior m, siendo m un número entero que oscila entre 0 y n-1, siendo n un número entero y con $n=\log_2(N)$, y siendo N una dimensión de número entero de una imagen o matriz de imagen que va a procesarse, por ejemplo una matriz de imagen N x N.

Las dos columnas de datos o tiras de datos consecutivas a modo de ejemplo en el dominio (d,s) bidimensional 502, con índices S, par, y $S + 1$, impar, pertenecen, tal como se menciona, a la fase m + 1.

Con el fin de calcular los N valores deseados de cada una de estas columnas, pueden sumarse entre sí dos tiras de longitud N procedentes de columnas con índices S_0 y S_1. En el mismo, el punto de partida a lo largo del eje d de las columnas que van a sumarse puede depender de los valores Δd_{par}, Δd_{impar} y ΔS_1, designados con los números de referencia 507, 508 y 509.

Tal como se indicó anteriormente, en el presente documento, por ejemplo, N datos en la columna S bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par}, son el resultado de sumar N datos en la columna S_0 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par}, y N datos en la columna S_1 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} + ΔS_1. En la figura 5, esas regiones o tiras 510, 511, 512 están enmarcadas a modo de ejemplo por recuadros con esquinas planas en líneas continuas.

Por otro lado, para columnas en posiciones impares, la relación que debe lograrse es que N datos en la columna S+1 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} - Δd_{impar}, son el resultado de sumar N datos en la columna S_0

bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} - Δd_{impar}, y N datos en la columna S_1 bajando desde el índice de fila superior - Δd_{par} - Δd_{impar} + Δ_{S1} + 1. En la figura 5, esas regiones o tiras 513, 514, 515 están enmarcadas mediante recuadros con esquinas redondeadas en líneas discontinuas.

En la misma, el prefijo “superior” designa a modo de ejemplo el índice vertical máximo o la dimensión de memorias intermedias temporales usadas para almacenar resultados intermedios. Este índice puede reducirse, por ejemplo, hasta 3N/2, lo cual es una mejora con respecto a métodos del estado de la técnica que requieren números de índice más grandes.

Dicho de otro modo, en el método propuesto en el presente documento, pueden sumarse entre sí dos columnas de datos de una fase dada y el resultado de dicha suma puede depositarse o almacenarse en un lugar o posición de memoria en el que el cálculo de una columna a partir de una fase posterior diferente puede buscarlo o lo buscará.

La figura 6 proporciona un ejemplo para restringir la ubicación de un código de barras 612 incorporado en una imagen 601, por ejemplo una imagen captada por una cámara digital integrada en un dispositivo móvil, por ejemplo un teléfono inteligente.

En el ejemplo representado, la imagen a modo de ejemplo 601 o matriz de imagen, el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen 615 comprende, entre otras cosas, una marca o etiqueta 614 de un artículo, por ejemplo una etiqueta de precio, con un código de barras lineal unidimensional 612.

Antes de aplicar una transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) a dicha imagen, es posible aplicar un filtro a la matriz de imagen, que, tal como se indicó anteriormente, puede facilitar, entre otras cosas, el análisis de la salida de una transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) aplicada a la imagen 601, más precisamente que puede aplicarse a una versión filtrada (no mostrada) de la imagen 601.

A la izquierda se muestra una salida a modo de ejemplo posible 600 de una transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) a modo de ejemplo aplicada a la imagen 601 o aplicada a una versión filtrada (no mostrada) de la imagen. Esta salida se describe en el espacio de dominio o dominio (d,s) 607, siendo *d* un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente.

Tal como se mencionó anteriormente, la transformada discreta de Radon descrita en el presente documento puede generar patrones específicos o especiales en el espacio de dominio o dominio (d,s) 607 a partir de los cuales puede derivarse o restringirse la ubicación de un código de barras 612 incorporado en la imagen 601.

En este caso se ilustra un patrón a modo de ejemplo en forma de cuadrilátero, por ejemplo en forma de rombo, 606, que comprende cuatro puntos de vértice 602, 603, 604, 605, que pueden detectarse fácilmente tal como se describió anteriormente y a partir de los cuales pueden derivarse restricciones sobre la ubicación del código de barras 612 en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen 615.

Más precisamente, los bordes o puntos de vértice detectados del patrón en la salida de transformada de Radon pueden convertirse de nuevo en líneas diferenciadas en la matriz de imagen para restringir la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital.

De ese modo, la restricción de la ubicación de un código de barras 612 presente en la imagen digital 601 puede comprender, entre otras cosas, calcular el promedio del índice vertical o intersección o pendiente *d* de un punto de vértice superior detectado 604 y un punto de vértice inferior detectado 605 del patrón detectado 606. Esto puede restringir la pendiente o el ángulo del código de barras en la imagen que va a procesarse 601.

Restringir la ubicación de un código de barras presente en la imagen digital puede comprender además calcular la diferencia del índice horizontal o pendiente o ángulo s de dos puntos de vértice laterales detectados 602, 603, por ejemplo un punto de vértice izquierdo 602 y uno derecho 603, del patrón detectado 606.

Además, convertir los puntos de vértice detectados de nuevo en líneas diferenciadas en la matriz de imagen puede comprender convertir dos puntos de vértice laterales detectados 602, 603, por ejemplo un punto de vértice izquierdo 602 y uno derecho y/o un punto de vértice superior 604 y uno inferior 605 o cualquier otra combinación de puntos de vértice, en parámetros de línea de líneas diferenciadas en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen 615 de la imagen 601.

Por ejemplo, puede calcularse un punto de cruce 613 de dos líneas diferenciadas 608, 609, en el que dichas dos líneas diferenciadas 608, 609 se obtienen convirtiendo los dos puntos de vértice laterales detectados 602, 603, por ejemplo un punto de vértice izquierdo 602 y uno derecho en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen 615 de la imagen 601

Dicho punto de cruce 613 puede restringir, por ejemplo, la ubicación del centro del código de barras en la imagen que va a procesarse 601.

Convertir, por ejemplo, el punto de vértice superior detectado 604 y uno inferior 605 en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen 615 de la imagen 601 puede proporcionar líneas 610 y 611 que pueden restringir la orientación y altura del código de barras en la imagen 601.

En particular, por ejemplo, convertir los puntos de vértice detectados a partir del espacio de parámetros *d* y *s* de Radon de la salida de la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada al espacio de parámetros *x* e *y* de líneas en la imagen puede comprender, por ejemplo, para el primer cuadrante, calcular la relación $y = d + s / (N-1) x$.

Dicho de otro modo, la presencia de un código de barras en una imagen puede generar en la transformada DRTN de sus gradientes una zona o patrón en forma de cuadrilátero o rombo, que destaca por tener un valor mayor y al mismo tiempo tener una varianza relativa menor que el resto de cualquier otra zona o patrón que se origina a partir de características de imagen no relacionadas con código de barras.

Normalmente, un simple detector local basado en estas dos características (valor medio y varianza relativa) es suficiente, especialmente en el caso de códigos de barras aislados 612 tales como los mostrados en este caos.

Sin embargo, cuando áreas o características de imagen no relacionadas con código de barras con altas frecuencias estén presentes junto al código de barras, resulta conveniente que se detecte la zona o patrón en forma de cuadrilátero o rombo 606 y se localice mediante una red neuronal entrenada con este fin.

Se muestran a modo de ejemplo patrones de artefactos adicionales 616 que surgen a partir de características en la imagen 600, tales como texto o símbolos 617, 618, que no están relacionados con el código de barras que va a detectarse 612. Pueden considerarse ruido. Sin embargo, tal como se muestra, el patrón en forma de cuadrilátero, por ejemplo uno en forma de rombo, 606 tiene un factor de señal-ruido suficiente grande, de modo que estas características no relacionadas con código de barras no dificultarán la detección y localización del código de barras.

Seguido por siete hojas que comprenden la figura 1a, la figura 1b, la figura 1c, la figura 2a, la figura 2b, la figura 3a, la figura 3b, la figura 3c, la figura 3d, la figura 4, la figura 5 y la figura 6, y en las que los números de referencia se asignan de la siguiente manera.

100 Imagen / matriz de imagen a modo de ejemplo

101 (Primera) mitad a modo de ejemplo de imagen / matriz de imagen dividida a lo largo del eje horizontal

102 (Segunda) mitad a modo de ejemplo de imagen / matriz de imagen dividida a lo largo del eje horizontal

103 Línea diferenciada a modo de ejemplo

104 Línea diferenciada a modo de ejemplo

105 Imagen / matriz de imagen a modo de ejemplo

106 Línea diferenciada a modo de ejemplo con subida par / número par de etapas de subida

107 Línea diferenciada a modo de ejemplo con subida impar / número impar de etapas de subida

108 Punto de partida a modo de ejemplo

109 Punto de terminación a modo de ejemplo

110 Punto de partida a modo de ejemplo

111 Punto de terminación a modo de ejemplo

200 Imagen o matriz de imagen que va a procesarse a modo de ejemplo

201 Origen a modo de ejemplo del plano (x, y) del dominio de matriz de imagen

202 Línea diferenciada a modo de ejemplo

203 Transformada de Radon a modo de ejemplo

204 Salida a modo de ejemplo de transformada de Radon, primer cuadrante a modo de ejemplo

205 Segundo cuadrante a modo de ejemplo

206 Tercer cuadrante a modo de ejemplo

207 Cuarto cuadrante a modo de ejemplo

208 Origen a modo de ejemplo del plano (*d*, *s*) del dominio de Radon

209 Origen a modo de ejemplo del dominio de Radon en el que el eje horizontal se parametriza con *atan* (s/(N-1))

300 Imagen o matriz de imagen a modo de ejemplo

301 Conjunto de proyecciones o conjunto de líneas diferenciadas a modo de ejemplo

302 Conjunto a modo de ejemplo de agrupaciones a modo de ejemplo que cuentan para cada línea diferenciada o para cada proyección el número de pixel de imagen que contribuirá al término de suma de la / una transformada de Radon para dicha proyección o línea dada

303 Conjunto de proyecciones o conjunto de líneas diferenciadas a modo de ejemplo

304 Conjunto a modo de ejemplo de agrupaciones a modo de ejemplo que cuentan para cada línea diferenciada o para cada proyección el número de pixel de imagen que contribuirá al término de suma de la / una transformada de Radon para dicha proyección o línea dada

305 Pixel de imagen a modo de ejemplo

306 Proyección a modo de ejemplo / líneas diferenciadas a modo de ejemplo

307 (Primer) cuadrante a modo de ejemplo

308 (Segundo) cuadrante a modo de ejemplo

309 Contorno a modo de ejemplo

310 Contorno a modo de ejemplo

311 Contorno a modo de ejemplo

312 Contorno a modo de ejemplo

313 Espacio de dominio o dominio (d,s) a modo de ejemplo, siendo d un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente

400 Patrón de memoria de datos o posiciones de memoria de datos a modo de ejemplo en fase inicial o fase de entrada

401 Patrón de memoria de datos o posiciones de memoria de datos a modo de ejemplo para una fase intermedia, por ejemplo primera fase

402 Patrón de memoria de datos o posiciones de memoria de datos a modo de ejemplo para una fase intermedia, por ejemplo segunda fase

403 Patrón de memoria de datos o posiciones de memoria de datos a modo de ejemplo para una fase intermedia, por ejemplo tercera fase

404 Patrón de memoria de datos o posiciones de memoria de datos a modo de ejemplo para fase final a modo de ejemplo, por ejemplo fase de salida

405 Espacio de dominio o dominio (d,s) a modo de ejemplo, siendo d un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente

406 Mitad inferior a modo de ejemplo de patrón de memoria en fase de entrada

407 Mitad superior a modo de ejemplo de patrón de memoria en fase de entrada

408 Tira de datos o columna de datos a modo de ejemplo de longitud (vertical) N

409 Región de memoria a modo de ejemplo de última fase como salida de transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN)

410 Región de memoria a modo de ejemplo de última fase como salida de transformada discreta de Radon convencional

500 Fase a modo de ejemplo, por ejemplo fase m, de cálculo de transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) en espacio de dominio o dominio (*d,s*), siendo d un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente

501 Fase a modo de ejemplo, por ejemplo fase m+1, de cálculo de transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) en espacio de dominio o dominio (*d,s*), siendo *d* un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente

502 Espacio de dominio o dominio (*d,s*) a modo de ejemplo, siendo *d* un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente

503 Columna de datos o índice S_0 a modo de ejemplo

504 Columna de datos o índice S_1 a modo de ejemplo

505 Columna de datos o índice S a modo de ejemplo

506 Columna de datos o índice S+1 a modo de ejemplo

507 Valor a modo de ejemplo de desplazamientos (verticales) en el eje *d*

508 Valor a modo de ejemplo de desplazamientos (verticales) en el eje *d*

509 Valor a modo de ejemplo de desplazamientos (verticales) en el eje *d*

510 Tira de datos a modo de ejemplo

511 Tira de datos a modo de ejemplo

512 Tira de datos a modo de ejemplo

513 Tira de datos a modo de ejemplo

514 Tira de datos a modo de ejemplo

515 Tira de datos a modo de ejemplo

516 Tira de datos a modo de ejemplo

600 Salida a modo de ejemplo de una transformada discreta de Radon con N desplazamientos centrales (DRTN) a modo de ejemplo

601 Imagen a modo de ejemplo, por ejemplo una imagen captada por una cámara digital integrada en un dispositivo móvil

602 Punto de vértice a modo de ejemplo

603 Punto de vértice a modo de ejemplo

604 Punto de vértice a modo de ejemplo

605 Punto de vértice a modo de ejemplo

606 Patrón a modo de ejemplo, por ejemplo patrón en forma de cuadrilátero, por ejemplo en forma de rombo, a modo de ejemplo

607 Espacio de dominio o dominio (*d,s*) a modo de ejemplo, siendo *d* un desplazamiento o intersección (vertical) y siendo s un ángulo o pendiente

608 Línea a modo de ejemplo en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen derivada a partir de un punto de vértice detectado

609 Línea a modo de ejemplo en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen derivada a partir de un punto de vértice detectado

610 Línea a modo de ejemplo en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen derivada a partir de un punto de vértice detectado

611 Línea a modo de ejemplo en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen derivada a partir de un punto de vértice detectado

612 Código de barras a modo de ejemplo

613 Posición de centro a modo de ejemplo del código de barras en el plano (x, y) del dominio de matriz de imagen

614 Marca a modo de ejemplo

615 Plano (x, y) a modo de ejemplo de la imagen o dominio de matriz de imagen

616 Patrón de artefacto a modo de ejemplo, patrón que surge a partir de características de imagen no relacionadas con código de barras

617 Características a modo de ejemplo en imagen no relacionadas con código de barras

618 Características a modo de ejemplo en imagen no relacionadas con código de barras

REIVINDICACIONES

1. Método implementado por ordenador para detectar códigos de barras (612) en una imagen digital (601) representada como matriz de imagen digital bidimensional (105) que comprende:

aplicar un filtro a la matriz de imagen (105),

calcular una transformada discreta de Radon (200) de la matriz de imagen filtrada, en el que la transformada discreta de Radon (200) se calcula para una pluralidad de líneas diferenciadas (106, 107) a través de la matriz de imagen filtrada (105),

en el que para cada línea diferenciada dada (106, 107) con una pendiente dada se calcula la transformada discreta de Radon (200) para un número de desplazamientos diferentes de la línea diferenciada dada (106, 107), en el que dicho número de desplazamientos es menor de dos veces una dimensión de la matriz de imagen,

detectar en la salida (600) de la transformada discreta de Radon de la matriz de imagen filtrada los puntos de vértice (602, 603, 604, 605) de un patrón (606),

convertir los puntos de vértice detectados (602, 603, 604, 605) de nuevo en líneas diferenciadas (608, 609, 610, 611) en la matriz de imagen (105) para restringir la ubicación de un código de barras (612) presente en la imagen digital (601).

2. Método según la reivindicación 1, en el que el desplazamiento para una línea diferenciada dada (106, 107) con una pendiente dada está caracterizado por una intersección, por ejemplo una intersección con el eje vertical.

3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el filtro es un filtro de gradiente.

4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el patrón (606) tiene una forma de cuadrilátero, por ejemplo una forma de rombo.

5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la transformada discreta de Radon para una pendiente dada se calcula para un número *N* de desplazamientos de líneas diferenciadas (106, 107) que están más cerca del centro de la matriz de imagen (105), y en el que *N* es un número entero y una dimensión de la matriz (105).

6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que si la imagen digital (601) no tiene forma de cuadrado, se redimensiona la imagen digital para dar una imagen cuadrada, es decir para dar una matriz de imagen (105) de tamaño *N* x *N*, siendo *N* un número entero.

7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que calcular la transformada discreta de Radon (200) de la matriz de imagen filtrada se lleva a cabo para cuatro cuadrantes, en el que, por ejemplo, el primer cuadrante cubre pendientes de líneas diferenciadas de desde 0º hasta 45º, el segundo cuadrante cubre pendientes de líneas diferenciadas de desde 45º hasta 90º, el tercer cuadrante cubre pendientes de líneas diferenciadas de desde -90º hasta -45º, el cuarto cuadrante cubre pendientes de líneas diferenciadas de desde -45º hasta 0º, y en el que se adjunta una copia rotada y transpuesta de la transformada de Radon calculada del primer cuadrante que define un quinto cuadrante al cuarto cuadrante.

8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que calcular la transformada discreta de Radon (200) de la matriz de imagen filtrada se lleva a cabo por cada columna de la matriz de imagen filtrada.

9. Método según la reivindicación anterior, en el que se asignan memorias intermedias independientes para el cálculo de columnas impares y pares.

10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la detección de los puntos de vértice (602, 603, 604, 605) del patrón (606) se basa en sus valores de intensidad y varianza en la salida (600) de la transformada discreta de Radon y/o en el que la detección de los puntos de vértice (602, 603, 604, 605) del patrón detectado (606), por ejemplo el cuadrilátero, se lleva a cabo por medio de una red neuronal.

11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que restringir la ubicación de un código de barras (612) presente en la imagen digital (601) comprende calcular el promedio del índice vertical de un punto de vértice superior detectado y un punto de vértice inferior detectado del patrón detectado (606).

12. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que restringir la ubicación de un código de barras (612) presente en la imagen digital (601) comprende calcular la diferencia del índice horizontal de dos puntos de vértice lateral detectado, por ejemplo un punto de vértice izquierdo y uno derecho, del patrón detectado (606).

13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que convertir los puntos de vértice detectados (602, 603, 604, 605) de nuevo en líneas diferenciadas (608, 609, 610, 611) en la matriz de imagen (105)

comprende convertir dos puntos de vértice lateral detectados, por ejemplo un punto de vértice izquierdo y uno derecho, en parámetros de línea de dos líneas diferenciadas en la matriz de imagen y calcular un punto de cruce de dichas dos líneas diferenciadas.

14. Sistema informático configurado para llevar a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones de método anteriores.

15. Sistema informático según la reivindicación anterior, en el que el sistema informático comprende un dispositivo móvil con una cámara.

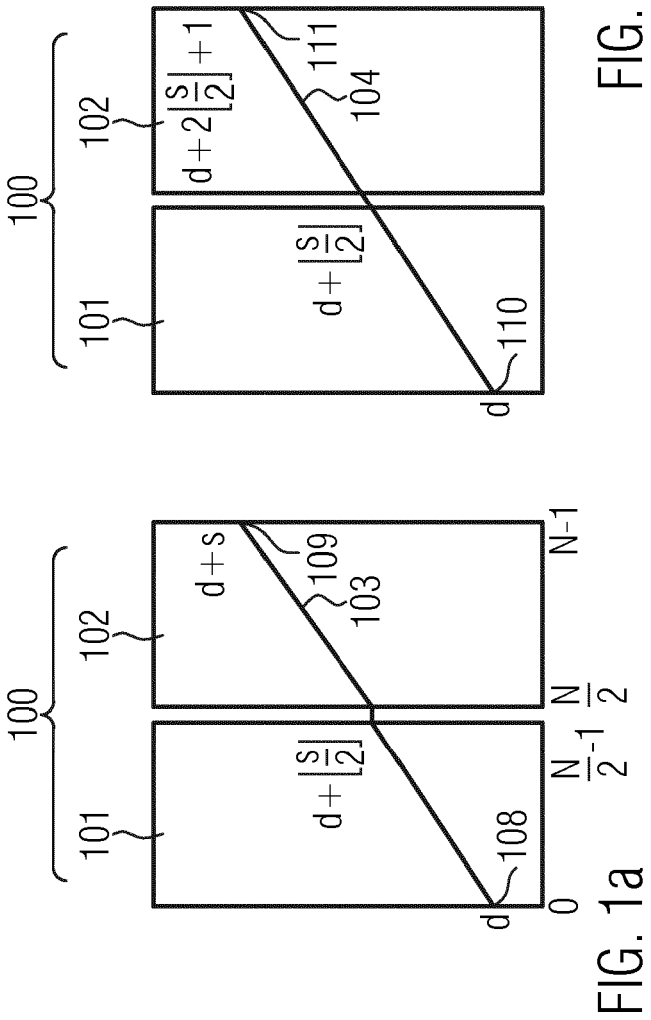

FIG. 1a

FIG. 1b

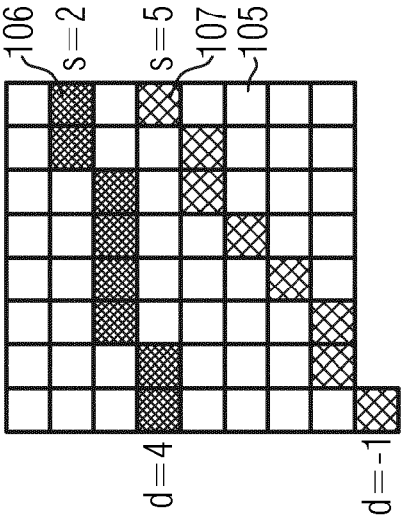

FIG. 1c

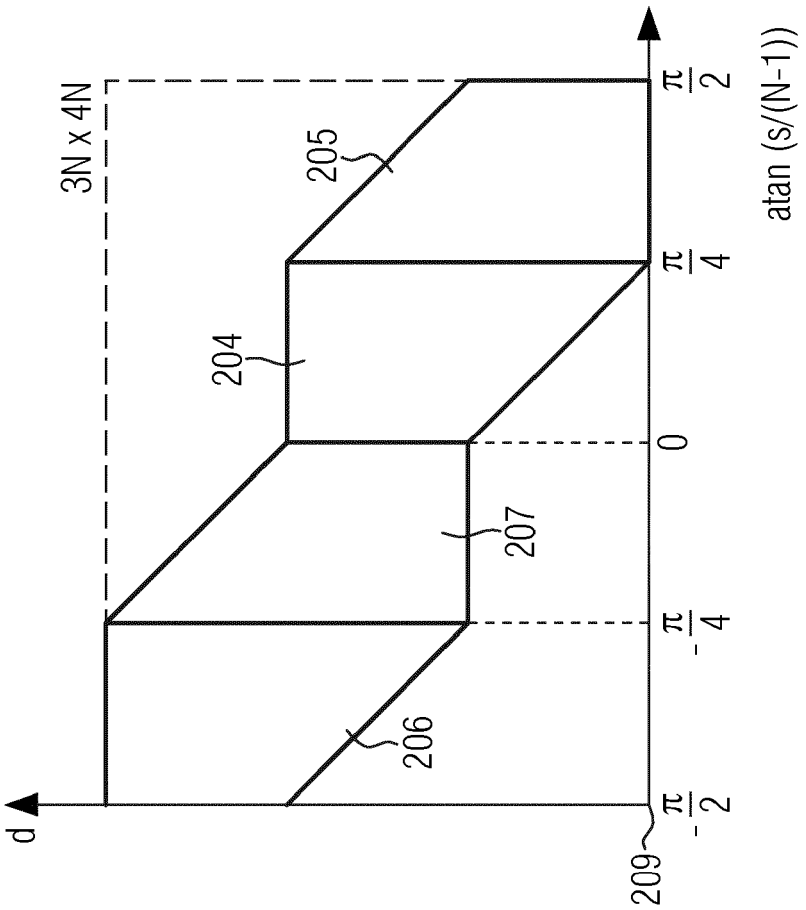
3N x 4N
205
204
207
206
209
d
atan (s/(N-1))
π/2
π/4
0
-π/4
-π/2

FIG. 2b

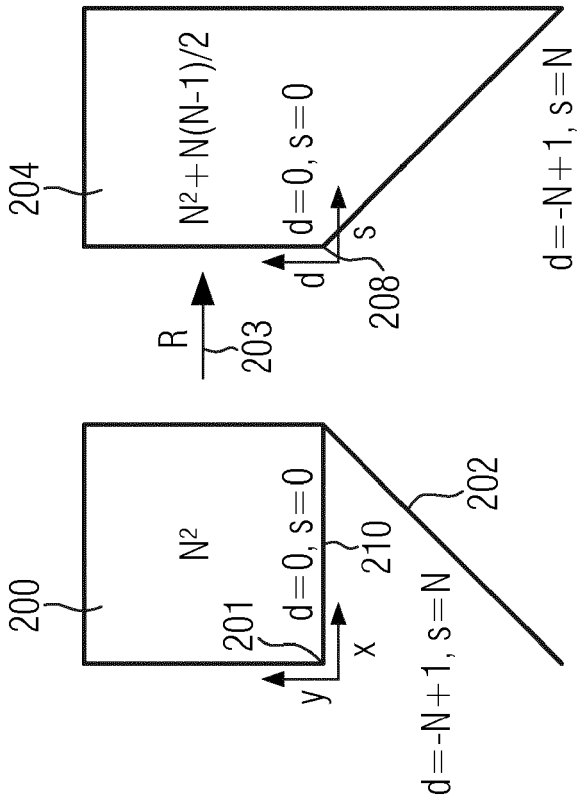
200
N²
d=0, s=0
201
210
202
x
y
d=-N+1, s=N
R
203
204
N²+N(N-1)/2
d=0, s=0
d
s
208
d=-N+1, s=N

FIG. 2a

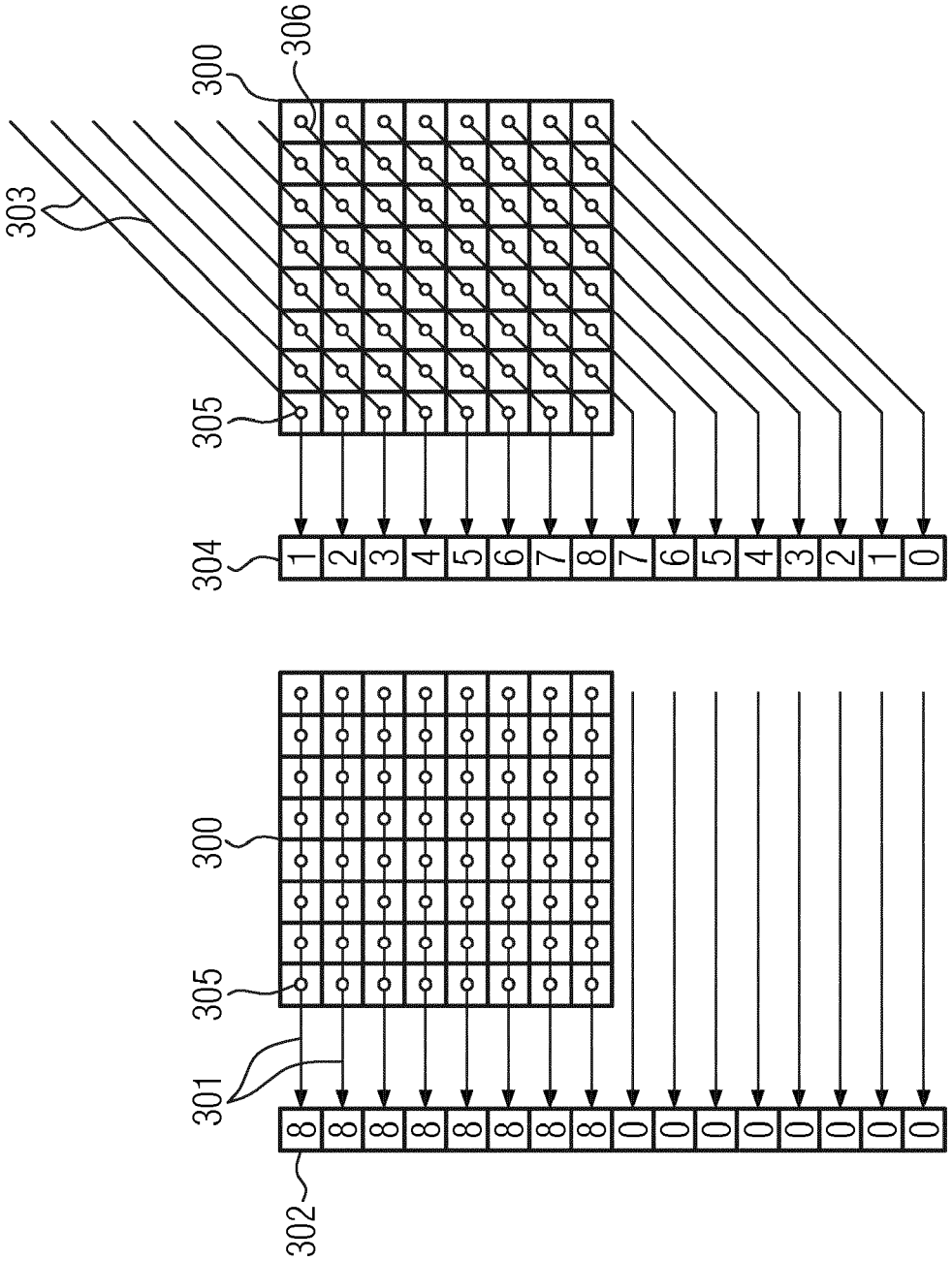
303
306
300
305
304
1 2 3 4 5 6 7 8 7 6 5 4 3 2 1 0
s=N-1; atan(s/(N-1))=π/4
300
305
301
302
8 8 8 8 8 8 8 8 0 0 0 0 0 0 0 0
s=0; atan(s/(N-1))=0

FIG. 3b

FIG. 3a

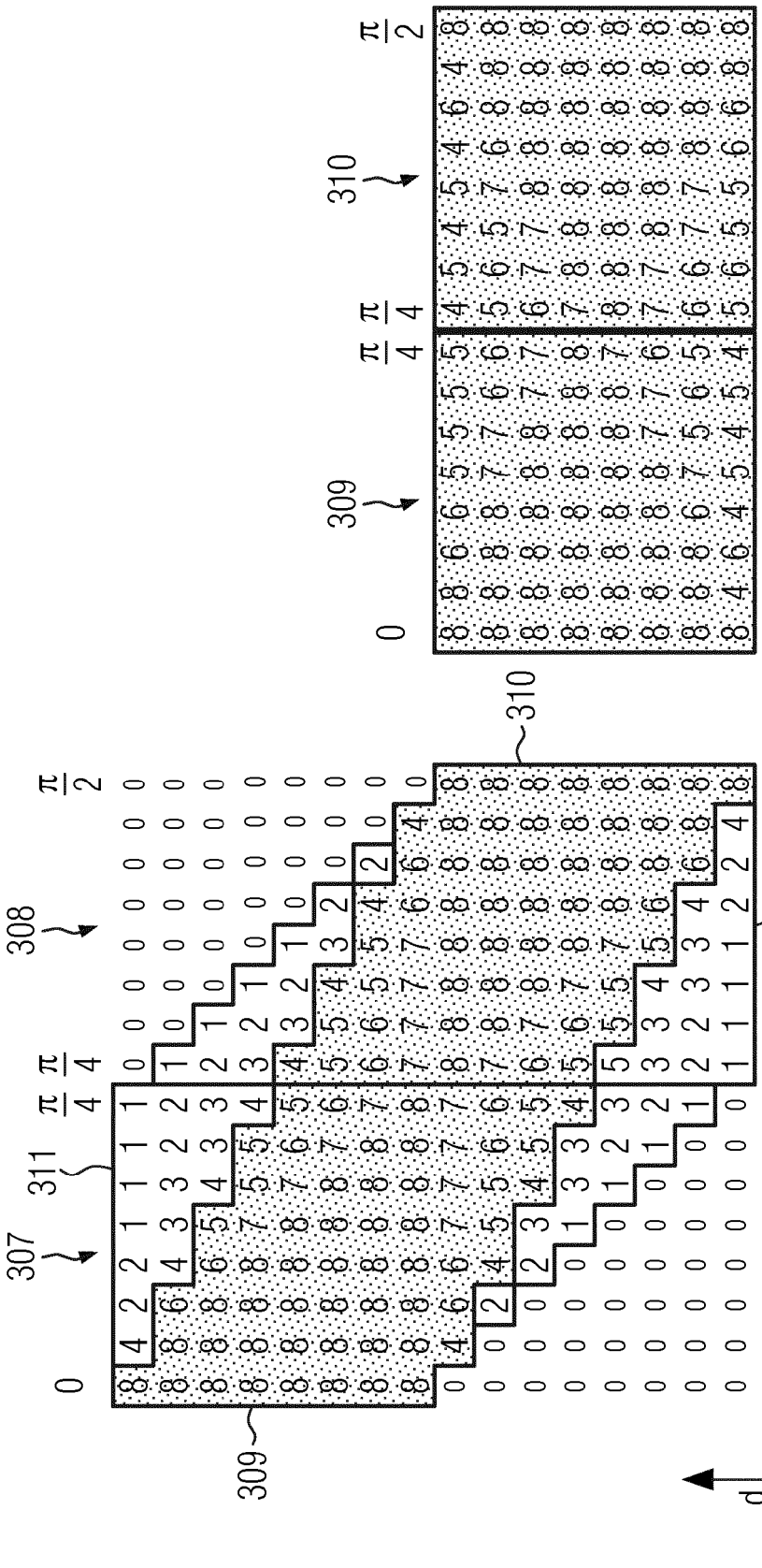

FIG. 3c

FIG. 3d

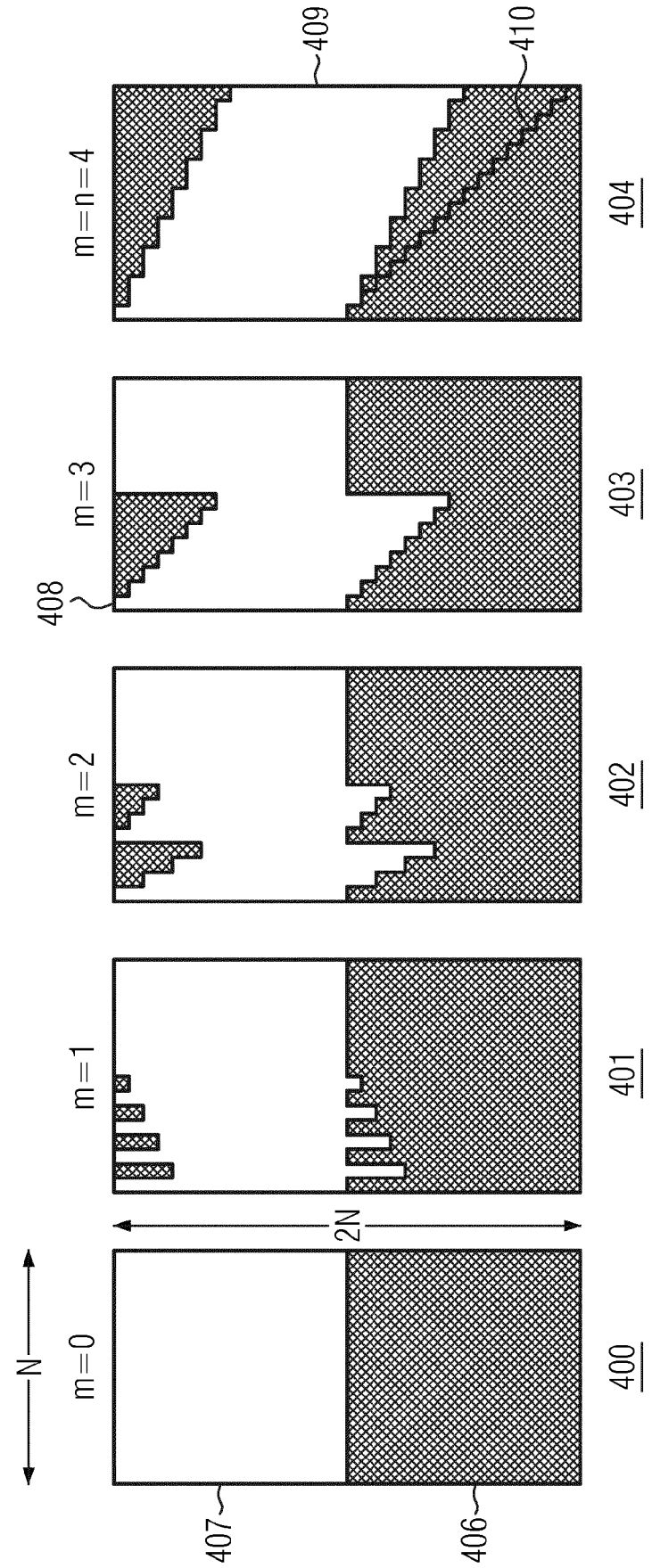

FIG. 4

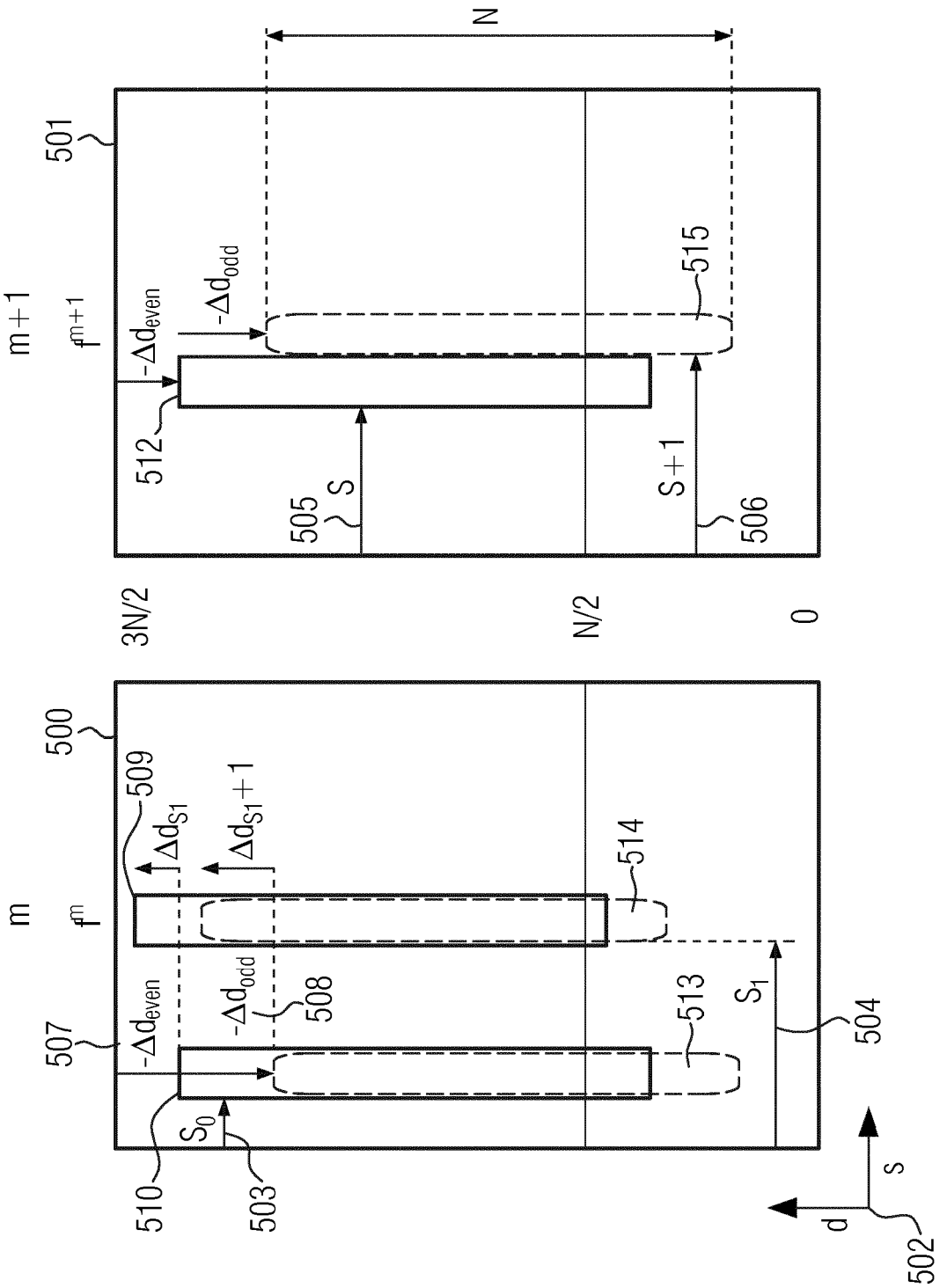
N
501
m+1
f^{m+1}
$-\Delta d_{even}$
$-\Delta d_{odd}$
515
512
505
S
S+1
506
3N/2
N/2
0
500
m
f^{m}
509
Δd_{S1}
$\Delta d_{S1}+1$
514
507
$-\Delta d_{even}$
$-\Delta d_{odd}$
508
513
S_1
504
S_0
510
503
d
s
502

FIG. 5

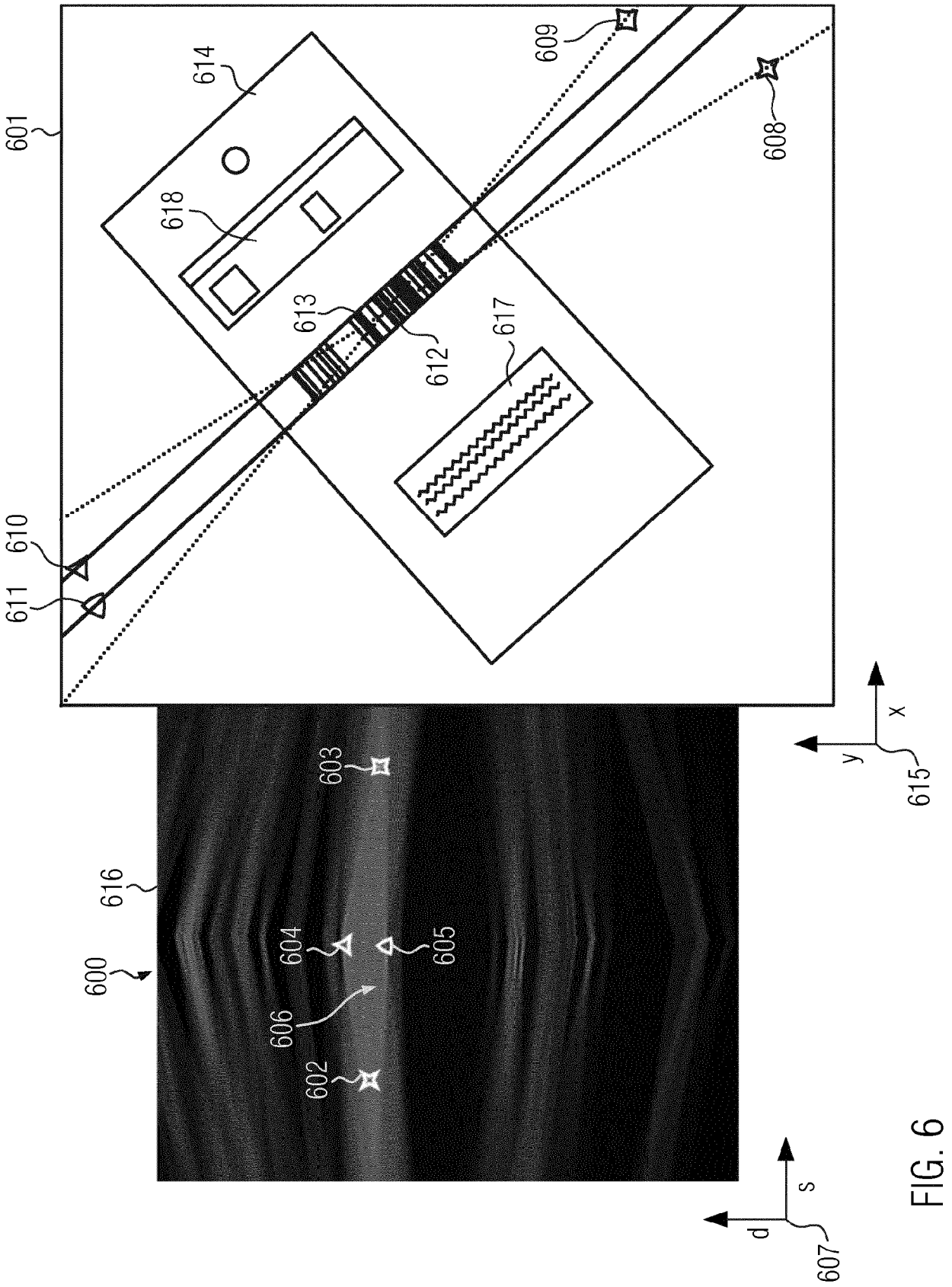
601
614
609
608
618
613
612
617
610
611
603
616
600
604
605
606
602
x
y
615
s
d
607

FIG. 6