



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 993**

51 Int. Cl.:
G06K 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07861041 .7**

96 Fecha de presentación : **06.11.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2080152**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.07.2009**

54 Título: **Método para filtrar una imagen de huella dactilar.**

30 Prioridad: **08.11.2006 RU 2006140704**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.05.2011

73 Titular/es: **Vladimir Nicolaevich Bichigov
ul. Molodezhnaya 14-37
Miass Chelyabinskaya Obl. 456-320, RU
Pavel Anatolievich Zaytsev,
Alexandr Vladimirovich Moxsin y
Ivan Borisovich Shapshal**

72 Inventor/es: **Bichigov, Vladimir Nicolaevich;
Zaytsev, Pavel Anatolievich;
Moxsin, Alexandr Vladimirovich y
Shapshal, Ivan Borisovich**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 357 993 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

La invención se refiere al procesamiento digital de imágenes y, más concretamente, a filtrado digital de imágenes de huellas dactilares. La presente invención se puede utilizar en criminología para la identificación de huellas dactilares.

5 Normalmente se utilizan tecnologías de ordenador en dactiloscopia para el procesamiento e identificación de imágenes (huellas dactilares y huellas de las palmas de las manos). La baja calidad de las huellas dactilares puede llevar a la comparación de imágenes errónea. Para evitar errores, las imágenes se mejoran y filtran por medio de filtro direccionales digitales. Los métodos actuales de filtración son sólo efectivos para aquellas zonas donde la curvatura de las líneas de la huella dactilar es baja, e ineficaces para filtrar regiones de elevada curvatura.

10 El filtro digital es una función matemática de dos variables que define una superficie tridimensional. De este modo, un filtro puede tener distintas formas específicas. Los filtros para mejorar las imágenes de huellas dactilares tienen uno o más nervios paralelos, en donde el nervio central es más esencial para el filtrado. Este tipo de filtro actúa selectivamente, esto es incrementa el brillo medio de los píxeles en la valle entre los nervios y disminuye el brillo medio de los píxeles en la proximidades de la cresta.

15 En el uso práctico de tal filtro, está desarrollada una matriz de coeficientes (conocida como máscara) en base a la función de conducción del filtro. Esta matriz se aplica después a las zonas vecinas del píxel procesado para establecer su nuevo valor de brillo.

20 El filtro es más efectivo cuando la orientación de sus nervios coincide con la orientación de las crestas de la huella dactilar en el área a la cual se aplica el filtro. Sin embargo, la imagen puede tener regiones en las que las líneas de la huella dactilar tiene una curvatura mayor, es decir, cambian significativamente su dirección a lo largo de la longitud del filtro. En este caso, el filtro solo se puede alinear con la línea a lo largo de una sección de línea corta, mientras que el resto de la línea está orientada de manera diferente, y esto afecta al resultado del filtrado.

25 El filtrado de tales regiones puede dar lugar a que aparezcan falsos elementos en la imagen, a la vez que se pierdan los elementos verdaderos. Para reducir las distorsiones de imagen inducidas por el filtro, la cobertura es normalmente reducida en la curvatura. Por esta razón, las secciones de mayor curvatura se filtran peor.

Un método para mejorar la imagen de huella dactilar se conoce de A. Erol, U Halici, G Ongun, "Feature Selective Filtering for Ridge Extraction" (c) 1999 por CRC Press LLC. De acuerdo con Erol et al., una imagen es procesada con un filtro adaptado (por medio del cambio en sus coeficientes) a las propiedades locales en las proximidades de la región procesada.

30 El filtro utilizado en este método es una versión restringida del filtro Gabor que está diseñado para dar la máxima respuesta a las crestas en una orientación y separaciones específicas en la imagen de la huella dactilar. La respuesta de impulso del filtro se obtiene por el producto de una onda gaussiana y una onda plana de coseno.

35 En el dominio espacial, cuando la varianza cuadrática de la curva de gauss es lo suficientemente alta, como la para que el filtro responda al máximo a las crestas de la huella dactilar con una frecuencia de separación igual a la magnitud del vector de onda y orientada de manera ortogonal a su dirección. El lóbulo de la mitad coincide con la cresta y los lóbulos laterales con la amplitud más pequeña corresponden a las crestas vecinas.

Para adaptar el filtro a las propiedades locales de la imagen se utilizan los siguientes valores locales:

- separación de crestas local;
- orientación de crestas local.

40 El espaciado de crestas determina ambas magnitudes del vector de onda y la varianza de la curva de Gauss. La magnitud del vector de onda corresponde a la frecuencia del coseno a lo largo del vector de onda.

45 Los experimentos han mostrado que las reglas de construcción del filtro establecidas anteriormente trabajan muy bien cuando la orientación y la separación de las crestas se estiman correctamente. Sin embargo, los errores en la estimación de la orientación distorsionan la imagen y dan lugar a pérdida de puntos característicos ciertas o la creación de puntos característicos falsos.

50 Normalmente no es posible estimar la orientación correctamente ni en baja calidad ni en regiones de elevada curvatura de la imagen. Como solución al problema, el ángulo de orientación es complementado con una medida de la certeza de la orientación. Este factor de certeza de orientación se utiliza para ajustar la varianza de la curva de Gauss. Las regiones con certeza de orientación baja son procesadas utilizando un filtro con una varianza menor que las utilizadas en regiones de certeza elevadas.

Además, analizando el ensayo experimental de este método, Erol et al, concluyen que las regiones de elevada curvatura de las líneas de la huella dactilar muestran una certeza inaceptablemente baja. Esto da lugar a la degradación de la eficacia del filtrado e incluso la incapacidad para distinguir líneas de huella dactilar en estas regiones.

De este modo, Erol et al. meramente proporciona un método automático para restringir el grado de filtrado en las regiones que son difíciles de procesar, en logra de resolver el problema de procesar correctamente las regiones de elevada curvatura.

5 La técnica anterior más cercana a la presente invención es un método para mejorar las imágenes de
 huella dactilar (Solicitud de Estados Unidos Nº 2005163394, Scholze, 28.06.2005. En este método, las áreas de imagen
 son secuencialmente procesadas con un filtro direccional adaptado a las propiedades locales de estas áreas de imagen,
 incluyendo las propiedades locales des estas áreas, las propiedades locales que incluyen separación de crestas,
 orientación y curvatura de la línea de la huella dactilar. Para determinar las propiedades locales, la imagen es dividida en
 10 áreas cuadradas. Se terminan entonces las propiedades locales para cada área. Para cada punto que va a ser
 procesado, se utiliza el filtro Gabor de acuerdo con las propiedades locales de la imagen. Para adaptar el filtro a la
 curvatura local, se realiza la transformación de Fourier del filtro, y particularmente, la dirección de los ejes principales,
 así como la posición y tamaño de la elipse circundante en el dominio de frecuencia se cambia con el paso de banda del
 filtro. En las áreas en las que la dirección de las líneas de la huella dactilar cambian sustancialmente, el paso de banda
 aumenta. Esto da lugar a una disminución en la selectividad del filtro y, en consecuencia a la eficiencia del filtro en
 15 presencia de artefactos de imagen de huella dactilar.

El documento WO 2004/055714 A1 expone un método de aumentar las huellas dactilares que reduce la anchura de la curva con forma de campana de Gauss de un filtro de Gabor para filtrar las estructuras fuertemente curvadas.

20 El objeto de la presente invención es proporcionar un método para el filtrado de imágenes de huellas dactilares,
 que proporciona procesamiento de imagen efectivo de regiones de elevada curvatura.

El objeto se consigue proporcionando un método para filtrar una imagen de huella dactilar, incluyendo el
 método las siguientes etapas: procesar secuencialmente áreas de imagen con un filtro direccional que tiene al menos un
 nervio central, y está adaptado a las propiedades locales de dichas áreas de imagen. Dichas propiedades locales
 incluyen separación de nervios crestas de huella dactilar, orientación y curvatura. De acuerdo con dicho método, el filtro
 25 está adaptado a la curvatura local curvando al menos un nervio central del filtro en el plano de coordenadas espacial
 para aproximar su curvatura a la curvatura local de la cresta de la huella dactilar.

Como resultado, las regiones de elevada curvatura de las líneas de huella dactilar se pueden filtrar sin pérdida de efectividad.

30 Dicho nervio se puede curvar desarrollando el filtro en el sistema de coordenadas curvilíneo que tiene dos
 conjuntos de líneas de coordenadas, en las que las líneas de coordenadas del primer conjunto son rectas y
 perpendiculares a la tangente a la cresta de la huella dactilar en el punto que es procesado, y las líneas de coordenadas
 del segundo conjunto son curvadas, y su curvatura corresponde a la curvatura local de la cresta de la huella dactilar,
 mientras que el cero del sistema de coordenadas está alineado con el punto que está siendo procesado.

Dicho nervio se puede también curvar desarrollando dicho filtro en el sistema de coordenadas polar.

35 El nervio puede adoptar la forma de un arco de círculo, en donde la curvatura de dicho arco puede ser igual a la
 curvatura local de la línea de huella dactilar.

El filtro direccional puede ser un filtro Gabor.

A continuación se proporciona una descripción detallada de la presente invención con referencia a los dibujos
 adjuntos, en los que

40 la Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de un filtro de referencia,

la Fig. 2 muestra esquemáticamente un fragmento de un dibujo de una huella dactilar,

la Fig. 3 muestra un diagrama esquemático del filtro después de su orientación y escalado,

la Fig. 4 muestra un diagrama esquemático del filtro después de su curvado,

la Fig. 5 muestra la posición relativa del sistema de coordenadas utilizado.

45 El método para filtrar una imagen de huella dactilar se describirá a continuación con más detalle.

En la primera etapa del procesamiento, se desarrolla un filtro de referencia $F(x, y)$ utilizando métodos conocidos
 (analíticamente). El filtro de referencia es optimizado para filtrar una imagen de huella dactilar ideal que consta de líneas
 de huella dactilar horizontales que tienen una separación de crestas constante. El filtro, que está determinado por la
 función $F(x, y)$ está desarrollado en el campo D como se muestra en la Fig. 1.

50 Se van a realizar etapas adicionales secuencialmente en cada punto de la imagen procesada.

En el sistema de coordenadas $OX'Y'$ se elige una zona próxima para el punto O que va a ser procesado. La zona próxima incluirá varias crestas de huella dactilar. En esta zona próxima, se determinan las propiedades locales de la imagen. Como se muestra en la Fig. 2, la dirección de las líneas de huella dactilar se determina en cada punto central de una cresta o valle de huella dactilar, en donde esta dirección se asume que es la dirección de la línea A que es tangente a esta cresta o valla de huella dactilar. En los otros puntos de la zona próxima, la dirección se determina mediante la interpolación de los valores calculados para los puntos centrales. Para reducir la influencia de los artefactos estas direcciones son suavizadas en la zona próxima del punto O. La separación de crestas S en la zona próxima del punto O es determinada en la dirección que es perpendicular a la dirección de las líneas en este punto. Los valores calculados son entonces promediados en la zona próxima. La curvatura C se determina en el punto O directamente, sin ningún promedio.

Para el punto que va a ser procesado, se desarrolla el filtro, estando el filtro adaptado a las propiedades locales de la imagen determinadas por dicho punto. Estas propiedades incluyen dirección, separación y curvatura de las crestas de huella dactilar. Para adaptar el filtro a las propiedades locales de la imagen, el filtro es sometido a escalado, orientación y curvado.

Para efectuar a orientación y escalado del filtro se establece un sistema de coordenadas rectangular $OX''Y''$. En este sistema de coordenadas el cero se alinea con el punto O que va a ser procesado, el eje X'' es paralelo a las líneas de huella dactilar en el punto O, y el eje Y'' es perpendicular a las líneas de huella dactilar como se muestra en las Fig. 3 y 5. En el sistema de coordenadas se define un campo D'' que es simétrico respecto a los ejes de coordenadas X'' e Y'' . Las dimensiones del campo D'' son calculadas como el producto de las dimensiones del campo D por un coeficiente de escalado.

$$M = S/s,$$

en donde S es la separación de crestas en el punto O, y

s es la separación de crestas constante de una huella dactilar ideal.

El campo D'' define la base del filtro orientado y escalado.

El filtro orientado y escalado definido por la función $F(x'', y'')$ es entonces desarrollado en el campo D'' . En el filtro las coordenadas x'' e y'' del sistema de coordenadas $OX''Y''$ están expresadas en términos de coordenadas en el sistema de coordenadas $OX'Y'$ como sigue

$$x'' = M \cdot x' \cdot \cos(a) + M \cdot y' \cdot \sin(a)$$

$$y'' = M \cdot y' \cdot \cos(a) + M \cdot x' \cdot \sin(a),$$

en donde M es el coeficiente de escalado, y

a es el ángulo entre la línea de huella dactilar y la tangente a dicha línea de huella dactilar en el punto O.

Además, el sistema de coordenadas rectangular es transformado en un sistema de coordenadas curvilíneo que tiene dos conjuntos de líneas de coordenadas (Y''' y X''') y tiene el cero alineado con el punto O que va a ser procesado. Las líneas de coordenadas Y''' son rectas y perpendiculares a la dirección local de las líneas de huella dactilar en el punto que va a ser procesado. Las líneas de coordenadas X''' están curvadas y su curvatura corresponde a la curvatura local C de la línea de huella dactilar. En particular, la línea de coordenada X''' se puede adoptar la forma de un arco de círculo que tiene un radio $R=1/C$.

En dicho sistema de coordenadas curvilíneo se define entonces un campo D''' (como se muestra en la Fig. 4) como una imagen del campo D'' . La altura del campo D''' medida a lo largo del eje Y''' es igual a la altura del campo D'' . La anchura del campo D''' medida en la dirección que es perpendicular al eje Y''' es igual a la anchura del campo D'' .

Después de desarrolla un filtro en el campo D''' como una función $F(x''', y''')$ de coordenadas curvilíneas. Las coordenadas x''', y''' están expresada en términos de coordenadas x'', y'' con relación al radio R:

$$x''' = R \cdot \arcsen(x''/R),$$

$$y''' = y'' \pm (R - \text{raíz cuadrada}(R \cdot R - x'' \cdot x''))$$

en donde x'', y'' son coordenadas del filtro en el sistema de coordenadas $OX''Y''$,

x''', y''' son coordenadas del filtro en el sistema de coordenadas $OX'''Y'''$, y R es el radio de la línea de huella dactilar.

Además, una máscara de coeficientes (máscara de filtro) se determina para la imagen que está siendo procesada. Para este fin un campo cuadrado D' es definido en el sistema de coordenadas $OX'Y'$. El campo D' deberá ser suficiente para inscribir un campo curvilíneo circular D''' en el mismo, como se muestra en la Fig. 2. Después se

determinan las coordenadas curvilíneas para los puntos situados en el campo D' . Para cada uno de estos puntos se determinan los coeficientes de filtro con relación al filtro que está desarrollado en el campo D''' .

Los valores de los coeficientes $l(x',y')$ para los puntos situados en el campo D' son establecidos iguales a los valores de los coeficientes del filtro de referencia desarrollados en las coordenadas curvilíneas x''' , y''' :

$$5 \quad l(x',y')=F(x''',y''')$$

Para los puntos situados en el campo D' pero fuera del campo D''' , los valores cero de los coeficientes son establecidos.

10 De tal manera, se desarrolla la matriz de coeficientes (máscara y filtro), en la que las dimensiones de la matriz son iguales a las dimensiones del campo D' . El uso de esta máscara en el campo D' permite conseguir un nuevo valor de brillo para el punto O que está siendo procesado en esta etapa.

Además, las etapas descritas anteriormente se repetirán para el siguiente punto de la imagen.

REIVINDICACIONES

1. Un método para filtrar una imagen de huella dactilar, incluyendo el método las siguientes etapas:

5 - procesar secuencialmente áreas de imagen con un filtro direccional que define una superficie de tres dimensiones en el plano de coordenadas espaciales que tiene al menos un nervio central, estando el filtro adaptado a las propiedades locales de dichas áreas de imagen, incluyendo dichas propiedades locales la separación de crestas de huella dactilar, orientación y curvatura, caracterizado porque el filtro se adapta a la curvatura local curvando al menos un nervio central de dicha superficie de tres dimensiones para aproximar su curvatura a la curvatura local de la cresta de la huella dactilar.

10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho al menos un nervio está curvado desarrollando el filtro en el sistema de coordenadas curvilíneo que tiene dos conjuntos de líneas de coordenadas, en el que las líneas de coordenadas del primer conjunto son rectas y perpendiculares a la tangente a la cresta de la huella dactilar en el punto que está siendo procesado y las líneas de coordenadas del segundo conjunto están curvadas y su curvatura corresponde a la curvatura local de la cresta de la huella dactilar, mientras que el cero del sistema de coordenadas está alineado con el punto que está siendo procesado.

15 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho al menos un nervio está curvado por el desarrollo de dicho filtro en el sistema de coordenadas polar.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho al menos un nervio adopta la forma de un arco de círculo.

20 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque dicha curvatura del arco del círculo es igual a la curvatura de una línea de huella dactilar.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho filtro direccional es un filtro de Gabor.

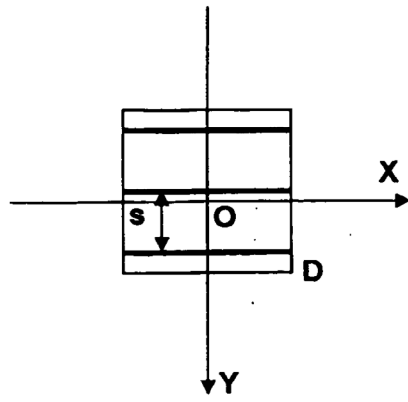


Fig. 1

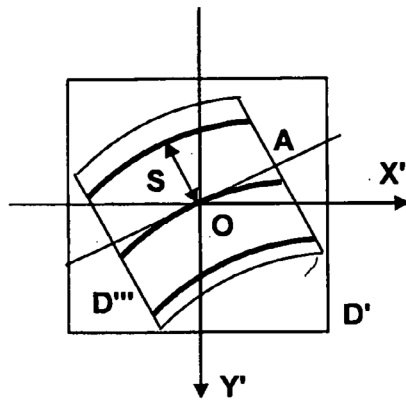


Fig. 2

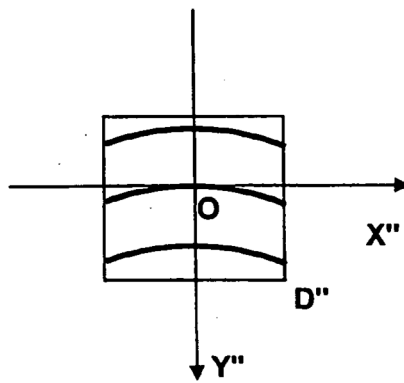


Fig. 3

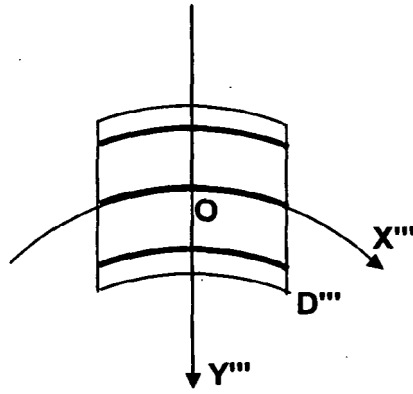


Fig. 4

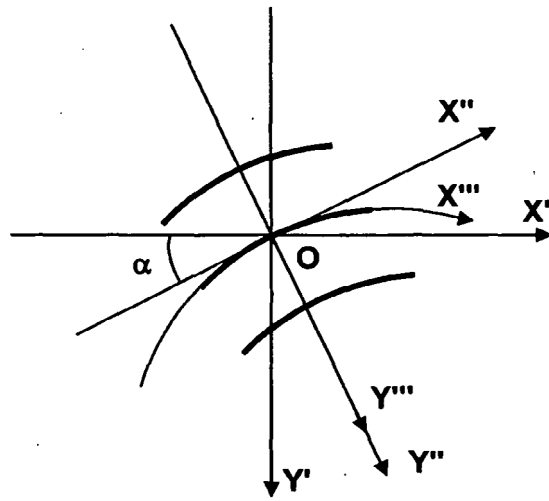


Fig. 5