

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 260**

51 Int. Cl.:
G06K 9/48 (2006.01)
G06K 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08701481 .7**
96 Fecha de presentación: **15.01.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2104908**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.09.2009**

54 Título: **Representación de una forma con la ayuda de Transformadas de Fourier**

30 Prioridad:
17.01.2007 US 654496

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.12.2012

73 Titular/es:
MONRO, DONALD MARTIN (100.0%)
6 THE LAYS GOOSE STREET
FROME, SOMERSET BA11 6RS, GB

72 Inventor/es:
MONRO, DONALD MARTIN

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 393 260 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

Representación de una forma con la ayuda de Transformadas de Fourier

- 5
- La presente invención se refiere a una representación de forma utilizando Transformadas de Fourier. La invención encuentra especial aplicación en biométrica, a saber, en la generación de representaciones aproximadas del contorno exterior y/o interior del iris en el ojo humano.
- 10
- El documento de Ghosh and Jain ("Una forma algebraica o geométrica", IEEE Computer Graphics and Applications, 1993, 50) describe el uso de las Transformadas de Fourier Rápidas (FFTs) para crear un modelo de contorno de una forma efectuando un seguimiento alrededor de su perímetro exterior.
- 15
- Es de considerable importancia en los sistemas biométricos, que se basan en el preconocimiento del iris, ser capaces de identificar y efectuar un mapeado exacto del borde exterior del iris y también del borde interior (la periferia de la pupila). Numerosos sistemas de preconocimiento del iris suponen que la forma de la pupila es siempre circular, un supuesto que puede ser inexacto en numerosos casos. En realidad, aún cuando las pupilas sean circulares, tienden a hacerse alargadas u oblongas cuando se miran desde un ángulo.
- 20
- Se han realizado algunos trabajos de investigación en la localización de la pupila no circular: véase el documento de B, Bonney, R. Lives, D. Etter y D. Yingzi, "Extracción de modelos de iris utilizando planos de bits y desviaciones estándar", Conference Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2004. Y. Du, B. L. Bonney, R. W. Ives, D. M. Etter y R. Schultz, "Análisis de preconocimiento del iris parcial utilizando un método en 1-D", Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, marzo 18 – 23, 2005. Sin embargo, no es siempre conveniente, ni incluso posible, localizar el contorno a intervalos igualmente espaciados y puesto que los ajustes de la Transformada de Fourier estándar requieren espaciamientos iguales, se han desarrollado una diversidad de métodos de remapeado o reparametrización para forzar a los datos en una forma en la que se puedan utilizar las transformadas estándar.
- 25
- 30
- Estos métodos tienden a ser complejos y en consecuencia, existe todavía una necesidad de un método que pueda, en una forma directa, aproximar un contorno dado con varios puntos (que pueden no estar igualmente espaciados) en ese contorno.
- 35
- La más próxima técnica anterior se considera que es la de Wyatt H J: "La forma de la pupila humana", Vision Research, Pergamon Press, Oxford, GB, vol 35 n° 14, julio 1995 (1995-07), páginas 2021-2036. Este documento da a conocer las características establecidas en la parte precharacterizante de la reivindicación 1.
- 40
- Los métodos para el análisis espectral de datos desigualmente muestreados se conocen a partir de, por ejemplo, "Numerical Recipes in C", segunda edición, páginas 575-577 y las publicaciones anteriores:
- F. J. M. Barning – "El análisis numérico de la curva de luz de 12 Lacertae", Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, vol 17, n° 1, páginas 22-28, 1963.
- 45
- P. Vanicek – "Desarrollo y propiedades adicionales del análisis espectral por mínimos cuadrados", Astrophysics and Space Science 12, páginas 10-33, 1971.
- Estas publicaciones dan a conocer un ajuste de mínimos cuadrados de frecuencias de Fourier que tienen origen en datos desigualmente muestreados.
- 50
- Según la presente invención, un método de aproximación de un contorno de iris está caracterizado por las propiedades establecidas en la parte caracterizante de la reivindicación 1.
- 55
- En una forma de realización preferida, este método se utiliza para efectuar un mapeado del contorno interior del iris (o, de forma equivalente, el contorno exterior de la pupila) de un ojo humano. Como alternativa, se puede utilizar para efectuar el mapeado del contorno del iris exterior.
- 60
- En el método descrito, el uso de más altos armónicos proporciona una excelente localización de la pupila, tanto en imágenes oculares generales y no ideales. El método proporciona resultados excelentes en la gran mayoría de las pupilas que son notablemente no circulares.
- La invención se puede poner en práctica en varias formas y una forma de realización específica será tal como se describe a continuación, a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en donde:
- 65
- La Figura 1 representa una forma de pupila no circular, como imagen y

La Figura 2 representa una aproximación de esa forma.

La manera en la que una forma de realización de la invención se puede aplicar a un problema particular, como es el de caracterizar una forma de pupila no circular, se describirá a continuación.

5 En primer lugar, un ojo puede ser objeto de creación de imagen y la imagen se puede analizar para identificar una pluralidad de puntos 10, que ocurren en el contorno de imagen de la pupila/ iris 12. Para conseguirlo, se puede determinar primero una localización de pupila aproximada buscando una zona oscura de tamaño significativo próxima al centro de la imagen. Un análisis de histogramas se puede realizar entonces para encontrar un centro más exacto así como el radio de la pupila medio. Este contorno de pupila circular aproximado se puede examinar luego en detalle para obtener el número requerido de puntos de borde 10. En la forma de realización preferida, se identifican 16 de dichos puntos. Se entenderá por los expertos en esta materia que se pueden utilizar otros métodos para localizar puntos en el contorno de la pupila / iris y el alcance de protección reivindicado no está limitado a este respecto.

15 Se entenderá también que los puntos 10 pueden no estar necesariamente con espaciamentos iguales alrededor del borde de la pupila. En realidad, en alguna parte de la imagen del contorno 14 se puede oscurecer por un párpado y/o pestañas 16.

20 Una vez que se hayan identificado los puntos de contorno 10, dichos puntos se pueden utilizar para generar una aproximación matemática 20 de la curva real 12, según se ilustra en la Figura 2. En la presente invención, la curva ajustada 20 es una aproximación de mínimos cuadrados de series de Fourier, como una función de ángulo cero o la distancia de los puntos 10 desde un punto fijo notional A (véase Figura 1).

25 Deseamos describir la distancia $d(\theta)$ de una curva en el plano a partir de un centro A, conocido o supuesto, como una función armónica del ángulo θ en la forma de una serie de Fourier ID. Para mayor simplicidad, aseguraremos que la función de $d(\theta)$ sea de valor único en θ .

$$d(\theta) = \sum_{n=0}^N a_n \cos(n\theta) + b_n \sin(n\theta)$$

30 Una serie de Fourier discreta estándar, tal como FFT, es un ajuste de mínimos cuadrados de datos regularmente espaciados y debido a la ortogonalidad de las funciones *coseno* y *seno* da lugar a una fórmula estándar mediante la cual se puede calcular a_n y b_n . Sin embargo, dicho método no puede utilizarse generalmente en este caso, puesto que los puntos que necesitamos ajustar $\{r_i, \theta_i; i = 1 \dots M\}$ pueden ser irregulares en θ_i .

35 Si el error en el ajuste es:

$$E(\theta_i) = d(\theta_i) - r_i$$

40 entonces, necesitamos encontrar $\{a_n, b_n; n=0 \dots N\}$, lo que reduce al mínimo la suma de cuadrados del error,

$$\begin{aligned} E^2 &= \sum_{i=1}^M E(\theta_i)^2 = \sum_{i=1}^M (d(\theta_i) - r_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^M \left[\left\{ \sum_{n=0}^N a_n \cos n\theta_i + b_n \sin n\theta_i \right\} - r_i \right]^2 \end{aligned}$$

Para hacer esta operación, diferenciamos con respecto a_k y b_k e igualamos a cero en la forma habitual:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E^2}{\partial a_k} &= \sum_{i=1}^M 2 \left[\sum_{n=0}^N a_n \cos n\theta_i + b_n \sin n\theta_i - r_i \right] \cos k\theta_i = 0 \\ \frac{\partial E^2}{\partial b_k} &= \sum_{i=1}^M 2 \left[\sum_{n=0}^N a_n \cos n\theta_i + b_n \sin n\theta_i - r_i \right] \sin k\theta_i = 0 \end{aligned}$$

45

Se hace constar que $b_0 = 0$, lo que puede expresarse como el sistema de ecuaciones lineales

$$PV=C$$

5 En donde se desconoce el valor de V ;

$$V = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_N \\ b_1 \\ \vdots \\ b_N \end{bmatrix}$$

y el lado derecho es

10

$$C = \begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ C_N \\ C_{N+1} \\ \vdots \\ C_{2N} \end{bmatrix}$$

con $C_0 = \sum_{i=0}^M r_i$, $C_k = \sum_{i=0}^M r_i \cos k\theta_i$ y $C_{N+k} = \sum_{i=0}^M r_i \sin k\theta_i$ y para $k = 1 \dots N$

15 La matriz P , $2N + 1$ por $2N + 1$, es

$$P_{k,n} = \sum_{i=1}^M \cos n\theta_i \cos k\theta_i, \text{ para } k = 0 \dots N \text{ y } n = 0 \dots N \text{ (matriz superior izquierda)}$$

20 $P_{k,N+n} = \sum_{i=1}^M \sin n\theta_i \cos k\theta_i, \text{ para } k = 0 \dots N \text{ y } n = 1 \dots N \text{ (matriz superior derecha)}$

$$P_{N+k,n} = \sum_{i=1}^M \cos n\theta_i \sin k\theta_i, \text{ para } k = 1 \dots N \text{ y } n = 0 \dots N \text{ (matriz inferior izquierda)}$$

25 $P_{N+k,N+n} = \sum_{i=1}^M \sin n\theta_i \sin k\theta_i, \text{ para } k = 1 \dots N \text{ y } n = 1 \dots N \text{ (matriz inferior derecha).}$

La matriz es simétrica. Se puede resolver para cualquier valor de M y de N proporcionando una aproximación en N armónicos para M puntos dados. Numerosos métodos estándar son conocidos para resolver dicho sistema de ecuaciones y el alcance de la idea inventiva reivindicada no está limitada a este respecto.

- 5 En el caso en donde $M=N$ y los puntos estén igualmente espaciados en $\theta_j = 0, 2\pi/N+1, \dots, 2N\pi/N+1$, la matriz P es diagonal y la solución es exactamente la Transformada de Fourier discreta.

10 Cuando $M \geq N$, las ecuaciones anteriores minimizan el error del Valor Cuadrático Medio (RMS) entre cada punto medido 100 en el contorno real y el más próximo punto correspondiente 101 del contorno ajustado 20. Cuando el número de coeficientes es 1, la curva ajustada es un círculo y cuando aumenta el número de coeficientes, el error de RMS generalmente disminuye. Se ha encontrado, en la práctica, que se pueden obtener buenos resultados en la aproximación del iris utilizando 5 coeficientes.

15 Además de la creación de modelos para el contorno de la pupila (o, de forma equivalente, el contorno interior del iris), la presente forma de realización puede utilizarse también para crear modelos de la forma del contorno exterior del iris. Una vez que se hayan determinado los contornos interior y exterior, la identificación biométrica puede proceder, en la forma normal, sobre la base de las características de la imagen del iris entre los contornos interior y exterior.

20 La posición del punto fijo A (Figura 1) no es de gran importancia y aunque el centro aproximado de la pupila es un punto conveniente a considerar, no se excluyen otros puntos – incluso los puntos situados fuera del contorno que se está ajustando. Por supuesto, si el punto fijo queda fuera del contorno, la función resultante ya no será de un valor único en 0 y se necesitará adoptar una tolerancia correspondiente.

25 Si existe una gran variabilidad en distancias, se puede conseguir, a veces, un ajuste mejorado utilizando un método de pasada múltiple: realizar un primer ajuste, excluir cualesquiera valores que sea mayor que un valor de corte y repetir el cálculo. El valor de corte puede estar fijado o puede depender de los datos, por ejemplo, un número dado de desviaciones estándar.

REIVINDICACIONES

1. Un método de aproximación de un contorno de iris, que comprende las etapas de:

(a) adquirir una imagen de un ojo, incluyendo un contorno de iris;

(b) señalar una pluralidad de puntos de contorno espaciados en el contorno;

(c) seleccionar un punto de referencia fijo dentro del contorno y

(d) generar una representación de contorno aproximada que comprende una aproximación de mínimos cuadrados mediante una serie de Fourier como una función de un ángulo θ_i alrededor de dicho punto fijo de la distancia de dichos puntos de contorno desde dicho punto fijo;

caracterizado porque los puntos de contorno espaciados no están igualmente espaciados en θ_i , en donde dicha aproximación de mínimos cuadrados minimiza la suma de cuadrados de errores tomada en todos los puntos de contorno espaciados de forma desigual y en donde la representación del contorno aproximado se genera resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones lineales

$$PV=C$$

o un equivalente matemático de dicho sistema, para la matriz desconocida V, en donde:

$$V = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_N \\ b_1 \\ \vdots \\ b_N \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ C_N \\ C_{N+1} \\ \vdots \\ C_{2N} \end{bmatrix}$$

con $C_0 = \sum_{i=0}^M r_i$, $C_k = \sum_{i=0}^M r_i \cos k\theta_i$ y $C_{N+k} = \sum_{i=0}^M r_i \sin k\theta_i$ para $k = 1 \dots N$, y en donde P es una matriz de $2N + 1$ por $2N + 1$ dada por:

$$P_{k,n} = \sum_{i=1}^M \cos n\theta_i \cos k\theta_i, \text{ para } k = 0 \dots N \text{ y } n = 0 \dots N \text{ (matriz superior izquierda)}$$

$$P_{k,N+n} = \sum_{i=1}^M \sin n\theta_i \cos k\theta_i, \text{ para } k = 0 \dots N \text{ y } n = 1 \dots N \text{ (matriz superior derecha)}$$

$$P_{N+k,n} = \sum_{i=1}^M \cos n\theta_i \sin k\theta_i, \text{ para } k = 1 \dots N \text{ y } n = 0 \dots N \text{ (matriz inferior izquierda)}$$

5 $P_{N+k,N+n} = \sum_{i=1}^M \sin n\theta_i \sin k\theta_i, \text{ para } k = 1 \dots N \text{ y } n = 1 \dots N \text{ (matriz inferior derecha).}$

2. Un método según la reivindicación 1, en donde el contorno es el contorno de pupila/iris.
- 10 3. Un método según la reivindicación 1, en donde el contorno es el contorno de iris exterior.
4. Un método según la reivindicación 1, en donde el punto de referencia fijo está en el centro aproximado del contorno de iris.
- 15 5. Un método según la reivindicación 1, en donde, después de la etapa (d), cualquier punto de contorno que se encuentre a más de una distancia seleccionada de la representación del contorno queda excluido y se repite luego la etapa (d).

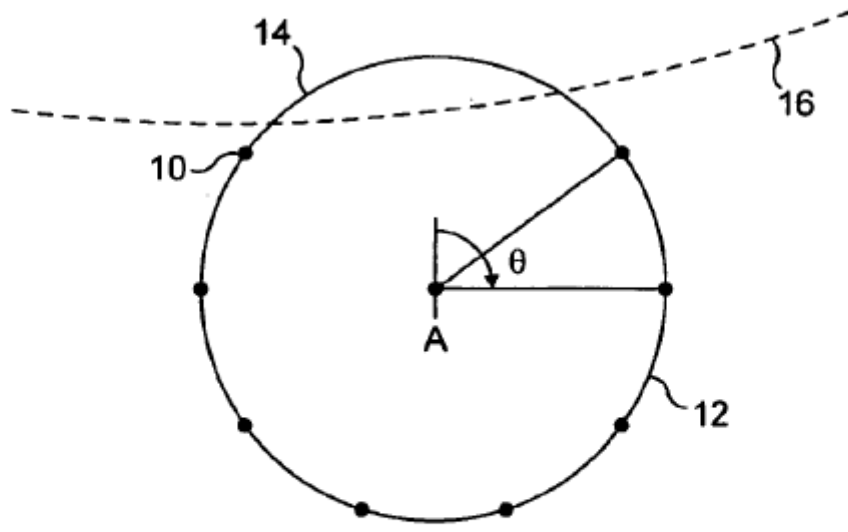


FIG. 1

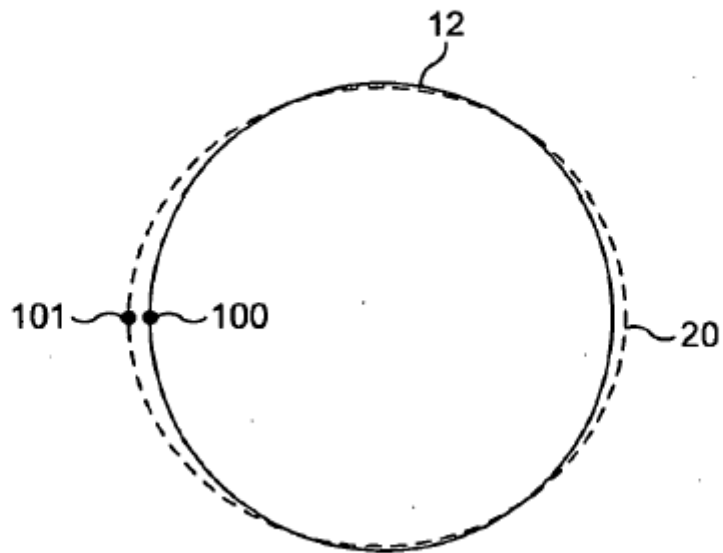


FIG. 2