



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 296 443**

② Número de solicitud: 200500912

⑤ Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G06Q 20/00 (2006.01)

H04L 29/06 (2006.01)

H04L 9/32 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **15.04.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2008**

Fecha de la concesión: **10.02.2009**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **01.03.2009**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.03.2009

⑰ Titular/es: **Universidad Rey Juan Carlos
c/ Tulipán, s/n
28933 Móstoles, Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **No consta**

⑳ Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

㉑ Título: **Sistema de verificación facial.**

㉒ Resumen:

Sistema de verificación facial.

La presente invención se refiere a un sistema verificación facial y a un método para la verificación facial que combina el reconocimiento automático de la cara del individuo con la comprobación de un código personal.

ES 2 296 443 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema de verificación facial.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de detección y verificación de la identidad de personas a través de sus rasgos faciales.

10 **Antecedentes de la invención**

El problema de verificación de caras humanas se puede sintetizar como la tarea de comprobar si un nombre coincide con un rostro, utilizando únicamente los rasgos faciales, sin utilizar otros elementos (voz, huellas dactilares, firma, ADN, etc.). Además se han definido otros temas relacionados, como son la identificación del sexo y la edad, la extracción de información sobre la expresión facial, y la generación de modelos de texturas para su uso en gráficos (R. Chellappa, C. L. Wilson and S. Sirohey. Human and Machine Recognition of Faces: A Survey. Proceedings of the IEEE. Vol. 83. N° 5. pp 705-740 .May 1995) (Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. March 26 - 30, Grenoble, France. 2000) (A. J. O'Toole, H. Abdi, K. A. Deffenbacher, J. C. Bartlett. Classifying faces by race and sex using an autoassociative memory trained for recognition. Proc. 13th Annual Conf. Cognitive Sci. Soc. P 847-851. 1991). Varias patentes, o solicitudes de patentes, hacen referencia al reconocimiento del individuo basándose en datos biométricos como son: W00334361, EP1085454 o la JP2001043345.

Los trabajos pioneros en el reconocimiento automático de caras se pueden remontar al s. XIX y concretamente, a los trabajos precursores de Francis Galton. En los últimos años se ha despertado de nuevo el interés por la verificación facial, en la bibliografía se mencionan los estudios más recientes. La mayoría de los trabajos basan sus estudios en una serie de puntos de partida, más o menos explícitos, como son: La imagen suele ser frontal o perfil, por lo tanto va a ser posible encontrar todos los rasgos en la imagen. La cara esta derecha, con poca o ninguna inclinación o giro. No hay ocultamiento de trozos de imagen. El número de casos de prueba es relativamente pequeño. No aparece vello facial, gafas, sombreros, etc. La mayor parte de los casos son hombres de raza blanca.

Casi todos los sistemas mostrados en la bibliografía utilizan la misma secuencia de etapas para la identificación o verificación: a.- Determinar un conjunto de características independientes para representar una cara. b.- Representar las caras de entrenamiento en función de los valores que toman en ellas el conjunto de características seleccionado. c.- Determinar los valores de una cara nueva (desconocida). d.- Utilizar un criterio y un esquema de correspondencia para encontrar el mejor emparejamiento con las caras conocidas.

Podemos agrupar los cuatro puntos anteriores en las tres etapas que se describen a continuación: 1.- Detección de la cara, 2.- Representación y 3.- Clasificación.

40 **1.- Detección de la cara**

En algunos casos las condiciones bajo las que se obtiene la imagen son controladas, por ejemplo las fotografías obtenidas por la policía o las obtenidas en el laboratorio. Por lo tanto la localización de la cara en la escena puede ser fácilmente determinada. En otros casos la localización de la cara en la imagen no es conocida *a priori*. El primer paso, por lo tanto es determinar si en la escena hay caras y si una cara está presente, localizarla en la imagen.

Varios factores tornan este problema complejo. Uno de ellos es el problema del vello facial (bigote, barba, etc.), maquillaje, etc. que enmascaran las características faciales. Otro es la variación en la escala y orientación de la cara en la imagen. Por último, existen otros dos factores que van a dificultar la detección: la iluminación que tenga la escena y la calidad de las imágenes.

La mayoría de los métodos de detección de caras se basan en plantillas flexibles, autocaras (basadas en el Análisis de Componentes Principales: PCA), redes neuronales o en el color de la cara.

A continuación se mencionan algunos de los trabajos más recientes que tratan el tema. Se remite al lector a la bibliografía, en particular a las revisiones E. Hjeltnes, B. K. Low. Face detection: a survey. Computer vision and image understanding. V 83, P 236-274. Sept 2001 y M. H. Yang, N. Ahuja, D. Kriegman. Detecting faces in images: a survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol 24, N 1. p 34-58. Jan. 2001, para una discusión en detalle de los diversos algoritmos propuestos.

Partiendo de imágenes foveadas (imágenes a las que se les ha aplicado la transformada log-polar), F. Jurie (F. Jurie. A new log-polar mapping for space invariant imaging. Application to face detection and tracking. Pattern Recognition. Vol 32. P 865-875. 1999) utiliza autocaras y un análisis multidimensional del histograma de color para detectar la cara y hacer su seguimiento. Afirma que el sistema es capaz de funcionar durante horas sin ningún error, pero sólo muestra resultados gráficos en un caso y no describe la base de datos ni cómo se comporta el sistema frente a cambios de luz, fondo, aparición de varias caras, etc. Las mismas técnicas las usa Koh *et al.* (L. H. Koh, S. Ranganath, M. W. Lee, Y. V. Venkatesh. An integrated face detection and recognition system. 10 ICIAP. P 532-537. 1999) para detectar la cara y para el posterior reconocimiento utilizando una red neuronal.

- Empleando el mismo tipo de imágenes, Smeraldi *et al.* (F. Smeraldi, O. Carmona, J. Bigün. Saccadic search with Gabor features applied to eye detection and real-time head tracking. *Image and Vision Computing*, Num 18. P 323-329. 2000) utilizan la transformada de Gabor para seguir el movimiento de la cabeza y detectar los ojos de una cara. Otros estudios (J. Zhou, C. Zhang, Y. Li. Directional symmetry transform for human face location. *Opt. Eng.* Vol 38. Num 12. P 2114-2117. Dec. 1999) buscan la detección de rasgos en la cara, por ejemplo ojos para, a partir de esos rasgos, localizar la cara completamente. Otras veces será el contorno de la cara (A. Samal, P. A. Iyengar. Human face detection using silhouettes. *Int. Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. Vol. 9. N. 6. P. 845-867. 1995). Ver también la solicitud de patente US2003/0086593A1.
- En E. Viennet, F. F. Soulié. *Connectionist Methods for Human Face Processing*. In *Face Recognition: from theory to applications*. Springer Verlag. H. Wechsler *et al.*, Eds. P. 124-156. 1998, se describe la aplicación de una mezcla de redes neuronales (y su mejora con Máquinas de Soporte Vector: SVM) para detectar caras en entornos cerrados. El proceso se realiza variando la resolución de la imagen con el fin de compensar los cambios en la escala de las caras. Recientemente celebrado, en [FG00] aparecen más de una veintena de artículos relativos a la detección de la cara. Especial interés merecen los dedicados a la detección de una cara partiendo del color de la piel (el cual es invariante en condiciones de iluminación controladas, sólo dependiendo de la raza del sujeto).

2.- Representación

- Una vez completada la detección, debemos extraer de la cara información numérica que nos permita verificar si coincide con la información almacenada del sujeto. Para ello, debemos extraer una serie de características de la cara de forma numérica, compacta y que nos permita la verificación, es decir, debemos representar la cara codificándola numéricamente según un esquema pre-establecido. Según las características que se quieran extraer o identificar, así será la representación.
- Las representaciones más utilizadas son:
- Imágenes como matrices bidimensionales de niveles de gris.
 - Vectores de características.

- El primer caso necesita una compactación de la información cuando el número de imágenes es elevado. Se ha puesto en evidencia que imágenes de 32 x 32 píxeles con 4 bits por píxel son suficientes para identificar a un sujeto. Ejemplos de esta representación son los métodos basados en compactación usando PCA (Análisis de Componentes Principales), Fisherfaces y redes neuronales.

- En el segundo caso se han usado características bidimensionales o tridimensionales, basándose en modelos de la cara. Se engloban en esta categoría los trabajos centrados en emparejamiento de plantillas flexibles, jets de Gabor, y demás técnicas que van a ser descritas en los apartados siguientes.

3.- Clasificación: Identificación o Verificación

- Identificar consiste en el proceso de asociar un nombre a un rostro. Verificar se define como la tarea de comprobar si un nombre coincide con un rostro. El primer paso es seleccionar cómo se va a realizar la identificación. Para ello en la bibliografía se han empleado distintas técnicas; las más usadas son: redes neuronales, correspondencia de plantillas y autocaras.

- Todos estos métodos toman como hipótesis de partida el hecho de que para un rostro, los valores de las características que lo definen no varían mucho en diferentes imágenes. Es más, si un conjunto de características es muy diferente en dos imágenes los rostros correspondientes serán también diferentes.

- Hay que tener en cuenta que no existe una forma de calcular el número de características necesarias. Se ha estimado que depende logarítmicamente del número de caras que hace falta reconocer, de tal forma que si hubiera unas 1000 caras se necesitarían sólo 10 (lo cual es un número muy bajo).

- En este punto es donde más se diferencia esta invención del estado de la técnica, ya que la tendencia actual apunta hacia el uso de otros clasificadores. En la solicitud WO9705566 Se usa como método de clasificación algún tipo de transformada geométrica, del coseno o Kohonen para así identificarlos unívocamente. La solicitud de patente Japonesa JP2000011143 basa la identificación en el cálculo de medias aritméticas y su comparación con ciertos patrones. La solicitud WO02097717 propone la generación de un vector de error al procesar la imagen, que se compara con una serie de patrones, generando posteriormente un segundo grupo de vectores que son identificados a través de la métrica de Minkowski. Por último, la patente US6466695 propone un método basado en dos en dos tipos de "primitivas" bidimensionales: segmentos locales y verticales.

- Las siguientes patentes y solicitudes también tienen relación con los sistemas de verificación: JP2002133446, WO02097717, US6108437, US5987154, US5842194 y US5497430.

Descripción de la invención

A la vista de los trabajos anteriores el sistema de detección e identificación de una persona según la presente invención propone una alternativa diferente, combinando el reconocimiento automático de la cara del individuo con la comprobación de un código personal. De acuerdo con un primer aspecto esencial, la presente invención se refiere a un sistema de detección e identificación personal que combina el reconocimiento automático de la cara del individuo con la comprobación de un código personal, caracterizado porque comprende:

- a. un sistema de adquisición de imágenes, el cual preferiblemente será una cámara digital;
- b. un sistema para el procesamiento de las imágenes;
- c. un dispositivo para la lectura del código personal como puede ser un teclado, un lector de tarjetas magnéticas u otro sistema conocido en el estado de la técnica;
- d. un sistema de iluminación; y
- e. un método de reconocimiento basado en clasificadores;

Dicho sistema para el procesamiento de las imágenes es preferiblemente un equipo de cálculo automático de los que se utilizan normalmente para el procesamiento masivo de información, el cual, preferiblemente, se selecciona del grupo formado por un P.C. (ordenador personal), una estación de trabajo, un dispositivo electrónico diseñado específicamente para esta función (stand-alone system), una P.D.A. (asistente digital personal) o combinaciones de los mismos.

El sistema de iluminación difuso mencionado, posibilita el uso combinado de clasificadores. La luz difusa iguala las zonas de la cara y minimiza el efecto de otras luces sobre el rostro. Está compuesto por una o más fuentes de luz blanca que, opcionalmente, pueden ser lámparas halógenas. Preferiblemente, la iluminación se hace por ambos lados de la cara para disminuir, en lo posible, las sombras del rostro.

Estos clasificadores determinan la similitud entre una imagen del sujeto a analizar y un patrón, que normalmente es una imagen guardada en una base de datos. Este procedimiento comprende un sistema de lógica borrosa para la combinación de los clasificadores utilizados. Un clasificador knn (k-nearest neighbors) que compara la distancia euclídea entre la imagen adquirida y la almacenada en la base de datos -patrón-. Comparada esta distancia, la mínima distancia k determina el sujeto. Una red neuronal artificial (neural network) que tiene propiedades tales como la habilidad para aprender, adaptarse, generalizar, agrupar y organizar datos, y cuya operación esta basada en el procesamiento en paralelo. Un clasificador del tipo máquina de vector soporte (Support Vector Machine) que actúa como sistema de reconocimiento de patrones.

Por lo tanto, según un segundo aspecto esencial, la presente invención se refiere a método de determinación de la similitud entre una imagen y un patrón, basado en un sistema de clasificación y una red neuronal artificial la cual tiene propiedades tales como la habilidad para aprender, adaptarse, generalizar, agrupar y organizar datos, y cuya operación esta basada en el procesamiento en paralelo, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

- a) captar la imagen de un rostro mediante un sistema de adquisición de imágenes;
- b) extraer de la imagen captada en la etapa anterior los valores de clasificadores previamente establecidos, los cuales son del tipo máquina de vector soporte actuando como sistema de reconocimiento de patrones;
- c) combinar los valores de dichos caracterizadores mediante un sistema de lógica borrosa;
- d) comparar la distancia euclídea entre la imagen adquirida y la imagen de un patrón almacenado en una base de datos mediante un clasificador knn; y
- e) una vez determinada dicha distancia euclídea, determinar a qué sujeto pertenece la imagen.

A continuación se describe la configuración de un dispositivo según la presente invención que en ningún caso se incluye de forma limitante al alcance de la presente solicitud.

Descripción de una realización preferida

Condiciones de adquisición de la imagen: se procede a adquirir la imagen de un individuo para ser verificada su identidad. El fondo de la imagen es de color azul oscuro y la iluminación se realiza mediante luz difusa. Se dispone de dos focos separados aproximadamente 1 metro entre sí, a una altura de 1,90 metros. Cada foco emite luz blanca con una potencia de 300 Watios. La cámara se encuentra entre medias de los dos focos. La distancia entre la cámara y el sujeto es de unos 3 metros. Se considera sólo la iluminación que producen los focos.

El individuo procede a introducir mediante el periférico elegido su número de identificación personal o PIN.

ES 2 296 443 B1

La Base de Datos utilizada en este ejemplo consta de 100 individuos diferentes, con 8 imágenes por individuo, utilizadas en el entrenamiento. Son imágenes neutras, sin gestos ni oclusiones, de frente, y con la iluminación antes indicada.

5 La imagen a verificar es también neutra y con la iluminación indicada. El tamaño de la imagen recortada, conteniendo sólo la cara, es 130 x 140 píxeles.

Resultado de cada clasificador:

10 SVM = 1.2034

RBF = 7.3746

15 KNN = 647.0432.

Resultado tras la fusión de las salidas de los clasificadores: Verificación Positiva con un Porcentaje de confianza del 95%.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Sistema de detección e identificación personal que combina el reconocimiento automático de la cara del individuo con la comprobación de un código personal, **caracterizado** porque comprende:

- a. un sistema de adquisición de imágenes;
- b. un sistema para el procesamiento de las imágenes;
- 10 c. un dispositivo para la lectura del código personal;
- d. un sistema de iluminación; y
- 15 e. un método de reconocimiento basado en clasificadores.

2. Sistema de detección e identificación según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho sistema de adquisición de imágenes comprende una cámara digital.

20 3. Sistema de detección e identificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho sistema para el procesamiento de las imágenes se hace en un sistema de cálculo automático, el cual se selecciona del grupo formado por los ordenadores personales, las estaciones de trabajo, los dispositivos electrónicos diseñados específicamente, los asistentes digitales personales o combinaciones de los mismos.

25 4. Sistema de detección e identificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho sistema de iluminación es un sistema de iluminación difuso, el cual posibilita el uso combinado de clasificadores y está compuesto por una o más fuentes de luz blanca.

30 5. Sistema de detección e identificación según la reivindicación 4, **caracterizado** porque dicho sistema de iluminación difuso posee como fuente de luz al menos una lámpara halógena.

6. Sistema de detección e identificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho sistema de iluminación ilumina ambos lados del rostro.

35 7. Sistema de detección e identificación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho sistema de lectura del código personal es un teclado, un lector de tarjetas magnéticas o combinaciones de ambos.

40 8. Método de determinación de la similitud entre una imagen y un patrón, basado en un sistema de clasificación y una red neuronal artificial la cual tiene propiedades tales como la habilidad para aprender, adaptarse, generalizar, agrupar y organizar datos, y cuya operación esta basada en el procesamiento en paralelo, **caracterizado** porque comprende las siguientes etapas:

- a) captar la imagen de un rostro mediante un sistema de adquisición de imágenes;
- 45 b) extraer de la imagen captada en la etapa anterior los valores de clasificadores previamente establecidos, los cuales son del tipo máquina de vector soporte actuando como sistema de reconocimiento de patrones;
- c) combinar los valores de dichos caracterizadores mediante un sistema de lógica borrosa;
- 50 d) comparar la distancia euclídea entre la imagen adquirida y la imagen de un patrón almacenado en una base de datos mediante un clasificador knn; y
- e) una vez determinada dicha distancia euclídea, determinar a qué sujeto pertenece la imagen.

55 9. Método según la reivindicación 8, donde la imagen es una imagen facial.

60

65



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 296 443

② Nº de solicitud: 200500912

③ Fecha de presentación de la solicitud: 15.04.2005

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 9705566 A1 (IDENTIFICATION TECHNOLOGIES IN) 13.02.1997, página 1, líneas 6-12,24-27; página 2, líneas 1-5,9-17; página 4, líneas 22-27; páginas 5-11; página 12, líneas 1-6,13-17,23-26; página 13, líneas 6-11,24-27; página 14, líneas 1-3; página 16, líneas 1-10; página 28, líneas 21-26; página 29, líneas 1-2; página 30, líneas 4-7; página 32, líneas 6-8; reivindicaciones; figuras.	1-3,8,9
X	EP 1280095 A1 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 29.01.2003, párrafos 1-17,20-22,51,54,59; reivindicaciones; figuras.	1-3
A	US 2003217294 A1 (KYLE et al.) 20.11.2003	1,8
A	WO 03034361 A1 (BIODENTITY SYSTEMS CORP; VAN BEEK GARY A; ADLER ANDREW JAMES) 24.04.2003	1,8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 25.03.2008	Examinador Mª C. González Vasserot	Página 1/2
---	--	----------------------

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G06K 9/00 (2006.01)

G06Q 20/00 (2006.01)

H04L 29/06 (2006.01)

H04L 9/32 (2006.01)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① N° de publicación : ES 2 296 443 B1

② Número de solicitud: 200500912

CORRECCIÓN DE ERRATAS DEL FOLLETO DE PATENTE

Pág./Inid	Errata	Corrección
1/73	Titular	Universidad Rey Juan Carlos, 80 % Universidad Politécnica de Madrid, 20 %
1/72	No constan inventores	Ruíz Mayor, Antonio Cabello Pardos, Enrique Pastor Pérez, Luis Conde Vilda, Cristina Mata Fernández, Susana