



(51) Clasificación internacional de patentes:
G06K 9/00 (2006.01) *H04N 1/00* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2017/070148

(22) Fecha de presentación internacional:
16 de marzo de 2017 (16.03.2017)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201631628 20 de diciembre de 2016 (20.12.2016) ES

(71) Solicitante: **UNIVERSIDAD DE ALICANTE** [ES/ES];
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n, San Vicente Del Raspeig,
03690 Alicante (ES).

(72) Inventores: **ESPINOSA TOMÁS, Julián**; Ctra. San Vicente del Raspeig s/n, San Vicente Del Raspeig, 03690 Alicante (ES). **DOMENECH AMIGOT, Begoña**; Ctra. San Vicente del Raspeig s/n, San Vicente Del Raspeig, 03690 Alicante (ES). **VAZQUEZ FERRI, Carmen**; Ctra. San Vicente del Raspeig s/n, San Vicente Del Raspeig, 03690 Alicante (ES). **PÉREZ RODRIGUEZ, Jorge**; Ctra. San Vicente del Raspeig s/n, San Vicente Del Raspeig, 03690 Alicante (ES). **MAS CANDELA, David**; Ctra. San Vicente del Raspeig s/n, San Vicente Del Raspeig, 03690 Alicante (ES).

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR BIOMETRIC AUTHENTICATION BY MEANS OF BLINK RECOGNITION

(54) Título: MÉTODO Y DISPOSITIVO DE AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DEL PARPADEO

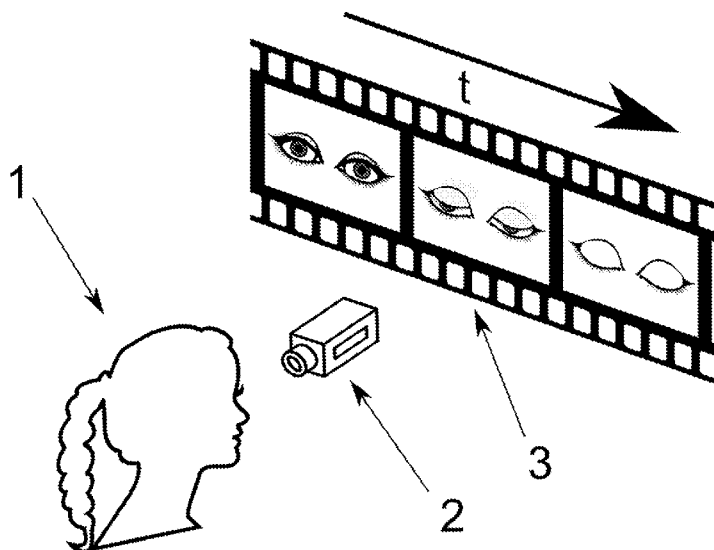


FIG. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and device for biometric authentication by means of the recognition of the blink of a subject, the method comprising the steps of: (a) recording, with a digital video camera, at least one blink sequence of at least one subject; and (b) analysing changes in the intensity of the light diffused by at least one eye, said changes being captured by the digital video camera, and the corresponding blink of said eye, in at least one subject. The method also comprises a step of cinematic and dynamic blink characterisation, said characterisation being configured to identify at least one subject by means of a classification algorithm.

(57) **Resumen:** Un método y un dispositivo para la autenticación biométrica mediante el reconocimiento del parpadeo de un sujeto, donde dicho método comprende las etapas de: (a) grabar con una cámara digital de video al menos una secuencia de parpadeo de al



KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

menos un sujeto;(b) analizar los cambios de intensidad capturados por la cámara digital de video de la luz difundida por al menos un ojo y su correspondiente párpado de al menos un sujeto; y que comprende una etapa de caracterización cinemática y dinámica del parpadeo; dicha caracterización estando configurada para identificar a al menos un sujeto mediante un algoritmo de clasificación.

MÉTODO Y DISPOSITIVO DE AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DEL PARPADEO

Objeto de la invención

5

El objeto de la presente invención es un método y un dispositivo para la autenticación de la identidad de un ser humano a partir del reconocimiento del parpadeo de dicho ser humano en una secuencia de video previamente grabada.

10 Estado de la técnica

15

La autenticación biométrica es el estudio automático para el reconocimiento único de humanos basado en uno o más identificadores biométricos que se clasifican como rasgos conductuales o rasgos fisiológicos [Jain, Anil K.; Ross, Arun (2008). "Introduction to Biometrics". In Jain, AK; Flynn; Ross, A. Handbook of Biometrics. Springer. pp. 1–22. ISBN 978-0-387-71040-2].

20

Los rasgos fisiológicos están relacionados con características físicas intrínsecas del cuerpo como, por ejemplo, la huella digital, venas o huella de la palma de la mano, la cara, el ADN, el iris, la retina, el electroencefalograma (EEG) o el electrocardiograma (ECG). Por otro lado, los rasgos conductuales se relacionan con el patrón de comportamiento de una persona como, por ejemplo, el ritmo de la escritura, la firma o la voz.

25

Los movimientos del ojo [M. Juhola, Y. Zhang, J. Rasku, "Biometric verification of a subject through eye movements," Computers in Biology and Medicine 43, pp 42-50 (2013)] y el parpadeo [M. Abo-Zahhad, Sabah M. Ahmed, Sherif N. Abbas, "A novel biometric approach for human identification and verification using eye blinking signal," IEEE signal processing letters, 22, No. 7 pp 876-880 (2015)] han sido utilizados recientemente como rasgos fisiológicos aptos para la autenticación biométrica humana. En ambos casos, las señales bioeléctricas de las que se derivan los parámetros que caracterizan e identifican a cada individuo se obtienen a partir del registro de un electrooculograma (EOG) derivado del EEG, aunque en el caso de los movimientos del ojo, también pueden obtenerse a partir de videocámaras (videoculógrafo). El hecho de que para la medida del EOG se necesiten electrodos pegados a la piel, lo hace poco práctico para su uso biométrico.

30

Tradicionalmente, el parpadeo se ha evaluado principalmente mediante técnicas de contacto

que requieren el uso de electrodos para medir el EOG [D. Denney and C. Denney, "The eye blink electro-oculogram.," Br J Ophthalmol 68, pp. 225–228 (1984)] o el electromiograma [B. W. O. D. Visser and C. Goor, "Electromyographic and reflex study in idiopathic and symptomatic trigeminal neuralgias: latency of the jaw and blink reflexes," J Neurol Neurosurg Psychiatry 37, pp. 1225–1230 (1974)], o la aplicación de una bobina magnética [J. Schlag, B. Merker, and M. Schlag-Rey, "Comparison of EOG and search coil techniques in long-term measurements of eye position in alert monkey and cat," Vision Research 23, pp. 1025–1030 (1983)]. Sin embargo, también es posible el uso de procedimientos de registro sin contacto, tales como fotografía o video que permiten una evaluación cuantitativa del movimiento del ojo durante el parpadeo sin interferir con el sujeto [S. H. Choi, K. S. Park, M. W. Sung, and K. H. Kim, "Dynamic and quantitative evaluation of eyelid motion using image analysis," Med Biol Eng Comput 41, pp. 146–150 (2003)].

Las características del parpadeo que más se han estudiado son la frecuencia y la duración debido a su relación con estados mentales tales como fatiga, lapsos de atención y estrés. La determinación del comienzo y el fin del parpadeo se aborda, por lo general, mediante la definición de umbrales precalibrados. De hecho, se desconoce algún método que calcule o determine de forma precisa el final del parpadeo [F. VanderWerf, P. Brassinga, D. Reits, M. Aramideh, and B. O. de Visser, "Eyelid Movements: Behavioral Studies of Blinking in Humans Under Different Stimulus Conditions," Journal of Neurophysiology, 89, pp. 2784–2796 (2003)].

Explicación de la invención

Es un objeto de la presente invención la identificación y autenticación de seres humanos a partir de una secuencia de video de su parpadeo. Para ello, la presente invención realiza un análisis de los cambios de intensidad capturados por una cámara digital de la luz difundida por el ojo y su párpado correspondiente al parpadear. Estos cambios están directamente relacionados con el desplazamiento del párpado. A partir de la variación de la posición del párpado con el tiempo, es un objeto de la presente invención el cálculo de una pluralidad de parámetros físicos que caracterizan la cinemática y dinámica del parpadeo. Estos parámetros se utilizan para identificar a cada sujeto en un proceso de clasificación.

El parpadeo es un cierre temporal de ambos ojos e implica el movimiento de los párpados superior e inferior. Desde un punto de vista fisiológico, el parpadeo mantiene el ojo hidratado, lo que permite la distribución de la película lagrimal sobre la superficie ocular,

protegiéndolo frente a objetos externos. Los movimientos de los párpados requieren comandos neurales simples y pocas fuerzas activas. El parpadeo representa un fenómeno normal fácilmente observable y accesible, que refleja los procesos de activación del sistema nervioso central sin manipulación voluntaria. Así pues, su análisis permite encontrar cualquier anomalía y si ésta se deriva de una anomalía muscular o neuronal.

El parpadeo es uno de los reflejos humanos más rápidos (300-400 ms) por tanto, para obtener parámetros que lo caractericen adecuadamente a partir de un video es necesaria una cámara con una tasa de captura acorde a esa duración. Esta cámara, en una realización particular es una cámara comercial, y en otra realización particular es una cámara de un dispositivo electrónico portátil, como por ejemplo un teléfono móvil o equivalente, siempre y cuando la velocidad de captura sea, al menos, 150 fotogramas por segundo (fps).

La intensidad de la luz difundida por el párpado iluminado frontalmente varía dependiente de su posición, siendo máxima cuando el párpado está cerrado y mínima cuando está abierto. Así, en un video grabado de un sujeto que parpadea, esta variación aparecerá reflejada como cambios en la intensidad de la luz registrada. En cada fotograma de la secuencia de parpadeo se puede estimar la intensidad de la luz difundida por el párpado sumando los niveles de gris de los píxeles del área de interés en torno a cada ojo. Los parpadeos aparecerán como picos en el perfil de intensidades [D. Mas, B. Domenech, J. Espinosa, J. Pérez, C. Hernández, and C. Illueca, "Noninvasive measurement of eye retraction during blinking," Optics Letters 35, 1884 (2010)]. Mediante un algoritmo de detección de picos se aísla cada parpadeo y se ajusta a una curva suavizada mediante "*smoothing splines*" para eliminar el efecto del ruido. La primera y segunda derivada respecto del tiempo de esta curva están relacionadas, respectivamente con la velocidad (primera derivada) y la aceleración (segunda derivada) y su producto resulta proporcional a la potencia desarrollada por los músculos responsables del parpadeo. Estas curvas se utilizan para determinar diferentes parámetros cinemáticos y dinámicos que caracterizan el parpadeo de cada individuo.

Los parámetros cinemáticos y dinámicos obtenidos son aptos para la autenticación biométrica de un ser humano mediante algoritmos de clasificación, ya que describen rasgos fisiológicos relacionados con el parpadeo.

La clasificación es un tipo de aprendizaje automático supervisado basado en un conjunto de

datos de entrenamiento que contiene observaciones cuya pertenencia a una categoría está previamente establecida. Los algoritmos de clasificación aprovechan la información discriminante de ese conjunto de entrenamiento y *aprenden* a clasificar una nueva observación en una de las categorías o clases. En la presente invención, el problema técnico que se resuelve en esta etapa del método es la asignación de un parpadeo, i.e. una nueva observación, a una clase seleccionada entre una pluralidad de clases, i.e. los sujetos, es decir, el problema técnico que se resuelve es una clasificación multiclase.

La extracción de un conjunto de parámetros característicos que sean capaces de conservar la información discriminante de cada sujeto permite asignar una nueva observación de un parpadeo a uno de los sujetos que conforman el conjunto de entrenamiento mediante clasificación.

En una realización particular de la invención, se han evaluado diferentes algoritmos de clasificación seleccionados entre: un análisis discriminante lineal y cuadrático (LDA y QDA); K-Vecinos Más Cercanos (KNN), Árbol de Clasificación (CT) y Correlación Cruzada Normalizada (NCC). No obstante, en una realización preferida de la invención se ha utilizado un análisis discriminante lineal LDA donde se ha obtenido una tasa de identificación correcta de hasta el 99%.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que restrinjan la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

Breve descripción de las figuras

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La FIG.1 muestra un esquema de los elementos intervinientes en la captura de una escena.

La FIG. 2 muestra un esquema en el que se detalla la selección de una región de interés en

cada fotograma y se representa cómo varia la intensidad con el tiempo en un parpadeo en dicha región de interés.

La FIG. 3 muestra la curva de potencia normalizada obtenida para un parpadeo ejemplo.

5 Las intersecciones con cero, los máximos y mínimos locales y las áreas bajo la curva entre intersecciones se utilizan para definir parámetros característicos del parpadeo.

La FIG. 4 muestra las curvas de velocidad y aceleración normalizadas para un parpadeo ejemplo. Los máximos y mínimos locales y las áreas bajo la curva entre intersecciones se
10 utilizan para definir parámetros característicos del parpadeo.

La FIG. 5 muestra la curva de desplazamiento del párpado para un parpadeo ejemplo.

Exposición detallada de un modo de realización de la invención

15

Tal y como se observa con detalle en las figuras adjuntas, la primera etapa del método objeto de la presente invención consiste en la grabación de diferentes secuencias mediante una cámara de video con una velocidad de captura superior a 150 fps, y en donde los sujetos que forman el conjunto de clases a identificar parpadean. En la FIG.1 se muestra un
20 esquema de la configuración del sistema de captura. Así pues, dado un sujeto (1), una cámara (2) con una velocidad de captura superior a 150 fps graba una secuencia (3) de duración indeterminada en la que el sujeto (1) parpadea. En cada fotograma aparece el párpado en una posición diferente. La toma de medidas se realiza sin contacto con el sujeto (1) e, incluso, puede realizarse de forma inconsciente para éste, lo que facilita el empleo de
25 la invención en aplicaciones donde no sea necesaria requerir la colaboración del sujeto (1).

Para evaluar de forma precisa el parpadeo es necesario grabar un video de alta velocidad, i.e. con una velocidad de captura tal que permita capturar la diferencia de posición del párpado en un parpadeo cuya duración está comprendida entre 300 y 400 ms. Si el video
30 no es de alta velocidad, la diferencia de la posición del párpado entre fotogramas es demasiado grande para realizar el seguimiento preciso del párpado.

Una vez realizada la captura, se procede a su procesamiento según aparece esquematizado en la FIG.2. Dada la secuencia (3) se selecciona una región de interés rectangular (4) en el
35 primer fotograma de ésta en torno a cada ojo. Esta selección puede realizarse manualmente o automatizarla mediante un algoritmo de detección ocular. La misma región de interés se

selecciona en el resto de fotogramas de la secuencia y su función es recortar los fotogramas para aligerar el procesado.

El algoritmo de detección ocular se basa en la diferencia de absorción de la luz entre el párpado y el ojo abierto (la pupila, el iris y la esclera). La luz visible, así como la radiación infrarroja, es absorbida por la pupila y el iris considerablemente más de lo que es absorbida por el párpado, tal y como se describe en [M. Durkin, L. Prescott, C. J. Jonet, E. Frank, M. Niggel, and D. A. Powell, "Photoresistive Measurement of the Pavlovian Conditioned Eyelid Response in Human Subjects," *Psychophysiology* 27, pp. 599–603 (1990)]. Como resultado, la energía en la región de interés de la imagen "ojo abierto" es más baja que en la misma región de interés de la imagen "ojo cerrado" (5).

La energía contenida en cada región de interés de cada fotograma se obtiene sumando el valor de niveles de gris de cada píxel de ésta. La cantidad de intensidad reflejada por el ojo es casi constante cuando el párpado está abierto. Los parpadeos aparecen como aumentos y descensos rápidos de intensidad: cuando el párpado se cierra, la luz difundida por el párpado cambia y lo mismo ocurre con la intensidad registrada por la cámara. Los picos en intensidad representan el momento en el que el párpado está completamente cerrado. Mediante un algoritmo de detección de picos, se recorta de la secuencia cada parpadeo desde 0.25 segundos antes del pico hasta 0.46 segundos después. Esto supone condicionar el intervalo entre parpadeos a ser superior a 0.67 segundos y que la duración del parpadeo sea inferior a dicho valor. Con esta selección se abarca todo el rango de duración del parpadeo para sujetos normales (50-500 ms) tal y como se indica en [P. P. Caffier, U. Erdmann, and P. Ullsperger, "Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure," *Eur J Appl Physiol* 89, 319–325 (2003)] y se descartan parpadeos incompletos y/o dobles.

La curva de intensidades obtenida, directamente relacionada con el desplazamiento del párpado (15) se suaviza mediante *splines* (16) para, a continuación, calcular la primera y segunda derivada temporal y el producto de éstas. Dichas magnitudes son proporcionales a la velocidad (10) y aceleración del párpado (11) y a la potencia desarrollada por los músculos en el proceso (9) respectivamente.

En la FIG.3 se representa la curva de potencia normalizada (9) obtenida para un parpadeo de muestra. La curva de potencia normalizada (9) permite definir claramente el comienzo en el primer instante en que deja de ser cero y el final en el último, que vuelve a ser cero.

Asimismo, es posible localizar los instantes en los que ocurren máximos y mínimos locales (8), así como las intersecciones con cero (7). Todos estos, junto con los valores de los máximos y los mínimos locales (8) proporcionan información del parpadeo y se utilizan como características para describirlo.

5

Cronológicamente, unas pocas centésimas de segundo después de que el parpadeo haya comenzado, la potencia total desarrollada por los músculos es máxima en el momento t_{1P} en la fase de cierre. A continuación, en t_{2P} , los músculos del párpado dejan de funcionar, la potencia es cero y el párpado consigue una velocidad máxima de cierre. Después, el párpado inicia el frenado y la potencia se desarrolla con el signo opuesto. Hay un momento (t_{3P}), cuando la curva alcanza el mínimo, que corresponde a la potencia máxima desarrollada para frenar el cierre del párpado. Entonces, la potencia disminuye en valor absoluto, hasta que vuelve a cero. Este momento (t_{4P}) se corresponde con el ojo cerrado, cuando termina la fase de cierre y comienza la fase de apertura.

15

La forma de la curva en la fase de apertura es similar a la de cierre. La potencia total desarrollada por los músculos alcanza un máximo local en t_{5P} que ocurre cuando el párpado está en la fase ascendente. Entonces, la potencia disminuye hasta que es cero en t_{6P} y el párpado alcanza una velocidad máxima. Después de eso, el signo de la fuerza cambia cuando el párpado está frenando y la curva alcanza un mínimo local en t_{7P} . En ese momento, el ojo todavía no está completamente abierto. Finalmente, la potencia disminuye en valor absoluto hasta cero (t_{8P}), cuando el párpado se retrae de nuevo, las fuerzas de los músculos se compensan, el ojo está abierto y el parpadeo termina.

25 El área bajo la curva de la potencia normalizada (9) $W_{t_c}^{t_d}$ está relacionada con el trabajo desarrollado por los músculos en un período de tiempo entre t_c y t_d . Se calcula dicha área entre las intersecciones con cero, según la figura 3, obteniendo cuatro parámetros más.

En la figura 4, se representa la velocidad (10) y la aceleración (11) normalizadas junto a los instantes definidos previamente. Se puede observar que los ceros y los máximos y mínimos locales de la velocidad ya han sido caracterizados, mientras que los máximos y mínimos locales de la aceleración proporcionan nuevos instantes de tiempo (12) todavía no definidos.

Cronológicamente, t_{1a} es el tiempo después de comenzar el parpadeo cuando el párpado está en la fase de cierre y alcanza un máximo en la aceleración. A continuación, después del máximo en la potencia desarrollada, se alcanza un máximo en la velocidad y un cero en aceleración, tras el que la fuerza total de los músculos que intervienen en el parpadeo frena

35

al párpado (hay un cambio en el signo de la aceleración). Esta fuerza de frenado alcanza su máximo en t_{2a} , antes de cerrar completamente el ojo. Seguidamente, en la fase de apertura, la dinámica es similar. La fuerza acelera al párpado hasta un máximo en t_{3a} . Más tarde, la fuerza disminuye y probablemente alcanza un mínimo local que corresponde al tiempo cuando la aceleración de frenado de la abertura del párpado en la fase ascendente es máxima, justo antes de detenerlo. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre en la curva de potencia, en los gráficos de aceleración no aparece claramente esta fase de frenado por lo que ese mínimo local no se puede definir.

Procediendo con un análisis similar al de la potencia, se han obtenido los valores absolutos de los picos locales tanto de aceleración como de velocidad (13), y las áreas bajo la curva de aceleración (14). El área bajo la curva de la aceleración en un intervalo de tiempo se denota por $\int_{t_c}^{t_d}$ y representa el impulso mecánico por unidad de masa desarrollada por los músculos en ese período de tiempo comprendido entre t_c y t_d . Se definen tres parámetros relacionados con el impulso entre las intersecciones de la curva con cero.

Por último, en la figura 5, se analiza la curva ajustada a partir de los datos de desplazamiento (16). Habiéndose definido $S=\theta_1/\theta_2$, el cociente entre velocidades medias de los procesos de cierre y apertura (17), y la anchura a mitad de altura de la curva, w , (18).

Las características que describen la dinámica y la cinemática del parpadeo se agrupan en un vector siguiendo el orden indicado en la tabla 1.

Vector	Descripción		Fase
t_0	Tiempo(s)	Inicio (1ª potencia $\neq$ cero)	Cierre
t_{1P}		Potencia máxima local	
t_{2P}		Cruce potencia cero	
t_{3P}		Potencia mínima local	
t_{4P}		Cerrado	
t_{5P}		Potencia máxima local	Abertura
t_{6P}		Cruce potencia cero	
t_{7P}		Potencia mínima local	
t_{8P}		Fin (Potencia cero)	
$ \hat{P}(t_{1P}) $	Potencia absoluta normalizada		Cierre
$ \hat{P}(t_{3P}) $			Abertura
$ \hat{P}(t_{5P}) $			
$ \hat{P}(t_{7P}) $			
$W_0^{t_{1P}}$	Trabajo (u.a.)	De 0 a t_{2P}	Cierre
$W_{t_{2P}}^{t_{4P}}$		De t_{2P} a t_{4P}	

$W_{t_{4P}}^{t_{6P}}$		De t_{4P} a t_{6P}	Abertura
$W_{t_{6P}}^{t_{8P}}$		De t_{6P} a t_{8P}	
t_{1a}	Tiempo (s)	Aceleración máxima	Cierre
t_{2a}		Aceleración mínima	
t_{3a}		Aceleración máxima	Abertura
$ \hat{a}(t_{1a}) $	Aceleración absoluta normalizada		Cierre
$ \hat{a}(t_{2a}) $			Abertura
$ \hat{a}(t_{3a}) $			
$\check{J}_0^{t_{2P}}$	Impulso (u.a.)	De 0 a t_{2a}	Cierre
$\check{J}_{t_{2P}}^{t_{6P}}$		De t_{2a} a t_{6a}	Cierre/Abertura
$\check{J}_{t_{6P}}^{t_{8P}}$		De t_{6a} a t_{8a}	Abertura
$ \hat{v}(t_{2P}) $	Velocidad absoluta normalizada		Cierre
$ \hat{v}(t_{6P}) $			Abertura
w	Tiempo (s)	Anchura a mitad de altura del desplazamiento	Cierre/Abertura
S	Cociente entre velocidades medias		Cierre/Abertura

Tabla 1. Parámetros de parpadeo

La técnica propuesta se ha evaluado con videos obtenidos con una cámara deportiva (tipo GOPRO®) grabando a 240 fps sobre 26 sujetos. Se han obtenido 3251 parpadeos a partir de las secuencias de vídeo grabadas, que van desde 74 hasta 191 parpadeos por sujeto. La diferencia en el número de parpadeos por sujeto es debida a las pérdidas en el procesamiento de las señales por superposición de parpadeos o parpadeos incompletos. Sin embargo, de todos los sujetos se han obtenido al menos 74 parpadeos, por lo que se han seleccionado aleatoriamente 74 parpadeos de cada participante para obtener un conjunto con el mismo número de datos de cada sujeto. Así, se reduce el número de parpadeos a 1924. Con este conjunto se ha procedido a la clasificación para la autenticación biométrica.

El rendimiento de cada clasificador (LDA, QDA, KNN, CT y NCC) se evalúa a través de validación cruzada de 10 iteraciones. El conjunto de datos se ha repartido proporcionalmente en 10 subconjuntos disjuntos. Nueve subconjuntos se utilizan para el entrenamiento y se evalúa el último subconjunto. El proceso se repite 10 veces, dejando cada vez un subconjunto diferente para su evaluación.

Se ha evaluado a través de validación cruzada de 10 iteraciones cinco conjuntos de datos: el conjunto original de 1924 párpados y cuatro conjuntos adicionales obtenidos a partir del original. La definición de los conjuntos adicionales consiste en la generación de 100 parpadeos para cada participante. Cada parpadeo se construye con la media aritmética de β parpadeos seleccionados al azar de 74 ensayos de cada participante, siendo $\beta = 3, 5, 10$ y 25 para cada conjunto (nombrado β -media). Los clasificadores biométricos se compararon a

través de la tasa de identificaciones correctas en la tabla 2.

	LDA	QDA	KNN	CT	NCC
Original	41	34	28	32	50
3-media	70	49	43	48	54
5-media	82	61	53	59	55
10-media	95	78	71	75	55
25-media	99	92	89	90	56

Tabla 2. Tasa de identificaciones correctas (%)

REIVINDICACIONES

1.- Un método para la autenticación biométrica mediante el reconocimiento del parpadeo de un sujeto, donde dicho método comprende las etapas de:

5 (a) grabar con una cámara digital de video al menos una secuencia de parpadeo de al menos un sujeto;

(a.1) y donde la secuencia de parpadeo comprende una pluralidad de fotogramas;

10 (b) analizar los cambios de intensidad capturados por la cámara digital de video de la luz difundida por al menos un ojo y su correspondiente párpado de al menos un sujeto;

y que se **caracteriza** porque

comprende una etapa de caracterización cinemática y dinámica del parpadeo; estando configurada dicha caracterización para identificar a al menos un sujeto mediante un algoritmo de clasificación.

15 2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1 donde para cada fotograma se estima la intensidad de luz difundida por el párpado sumando los niveles de gris de unos píxeles dentro de un área de interés entorno a cada ojo.

20 3.- El método de acuerdo con la reivindicación 2 donde cada parpadeo queda definido como un pico en un perfil de intensidades y donde mediante un algoritmo de detección de picos se aísla cada parpadeo y se ajusta a una curva de parpadeo suavizada y eliminando el ruido.

25 4.- El método de las reivindicaciones 1 a 3 donde la caracterización cinemática y dinámica del parpadeo comprende el cálculo de: (i) la velocidad del párpado mediante a primera derivada de la curva de parpadeo; (ii) la aceleración del párpado mediante la segunda derivada de la curva de parpadeo; y donde el producto de la velocidad y aceleración del parpadeo resulta proporcional a la potencia desarrollada por los músculos responsables del parpadeo.

30 5.- El método de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4 donde el algoritmo de clasificación asigna un parpadeo a un sujeto; y donde dicho algoritmo de clasificación es uno seleccionado entre: un análisis discriminante lineal y cuadrático (LDA y QDA); K-Vecinos Más Cercanos (KNN), Árbol de Clasificación (CT) y Correlación Cruzada Normalizada (NCC).

6.- El método de acuerdo con la reivindicación 5 donde el algoritmo de clasificación es preferentemente un análisis discriminante lineal LDA.

- 5 7.- Un dispositivo de autenticación biométrica mediante el reconocimiento del parpadeo de un sujeto que se **caracteriza** por que comprende medios para ejecutar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

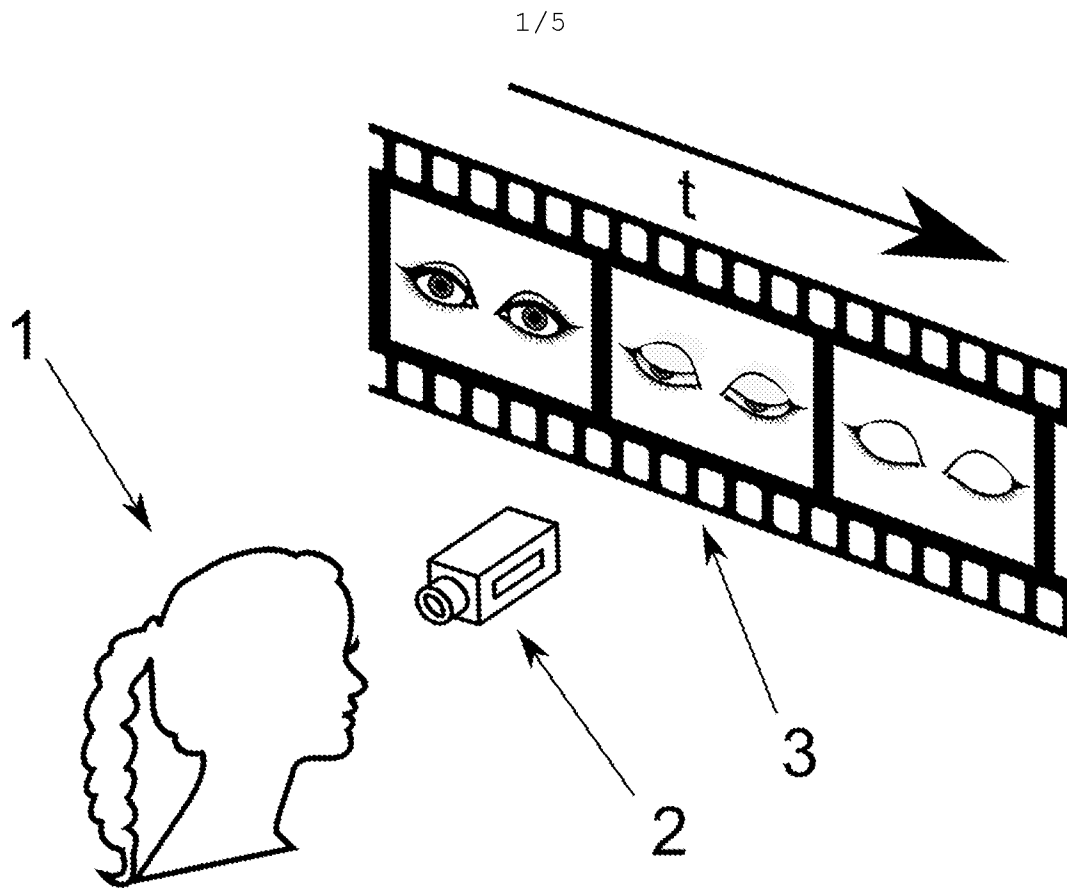


FIG. 1

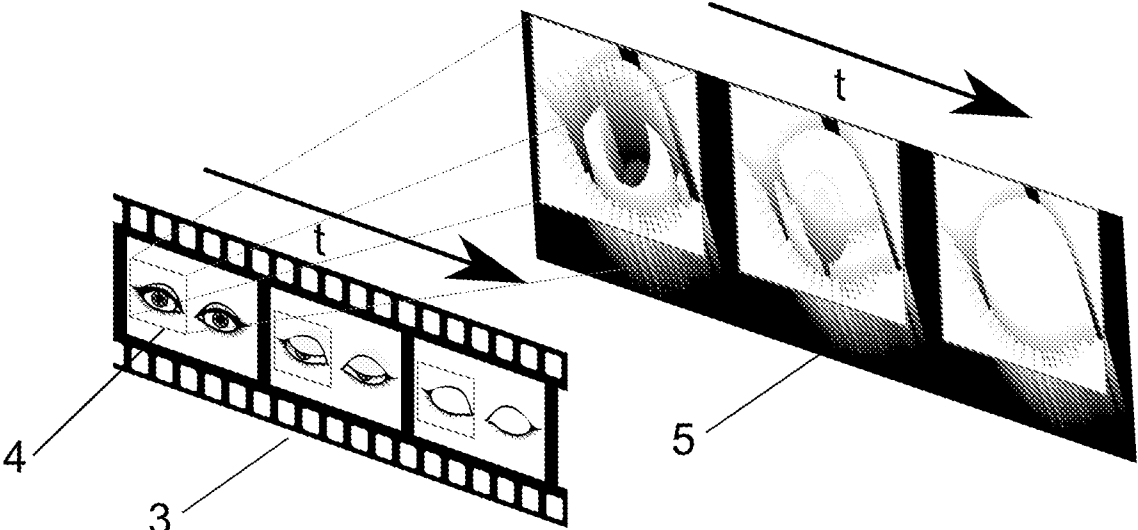


FIG. 2

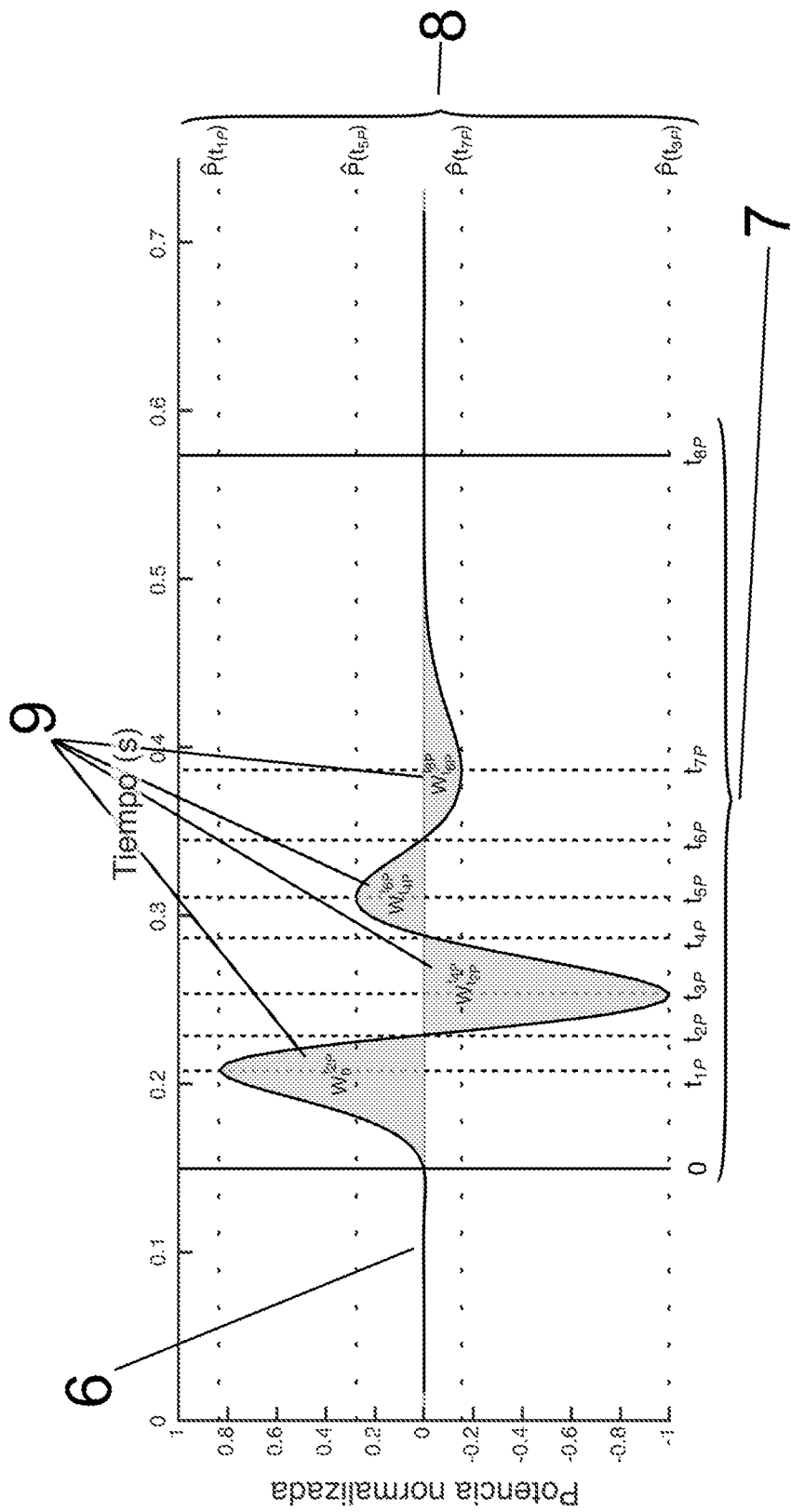
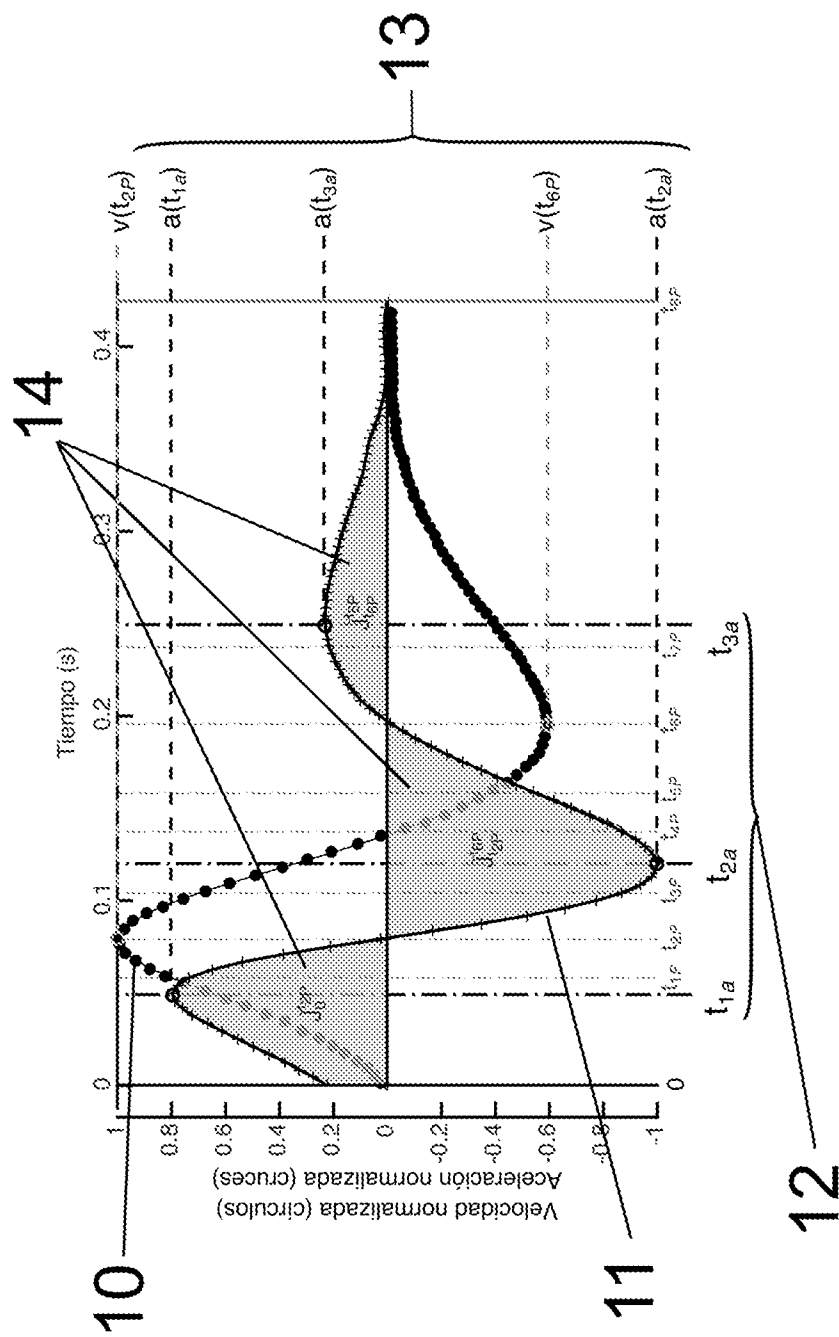


FIG. 3



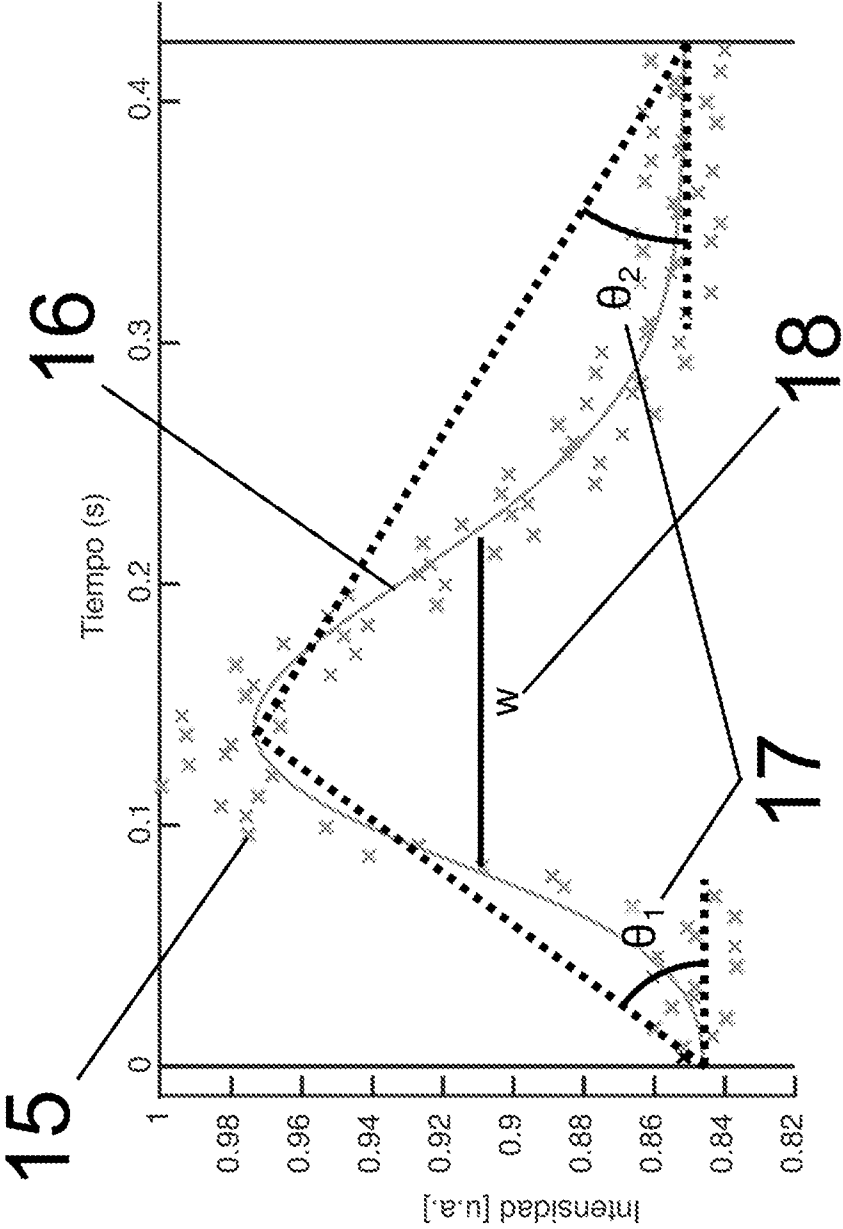


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070148

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06K9/00 (2006.01)

H04N1/00 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06K, H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008226139 A1 (SUZUKI TOMOHARU ET AL.) 18/09/2008, the whole document	1-7
Y	DAVID MAS et al.. NONINVASIVE MEASUREMENT OF EYE RETRACTION DURING BLINKING. 31/12/2010, Vol. 35, Pages 1884-1886	1-7
Y	US RE39539 E (TORCH WILLIAM C)) 03/04/2007, Abstract and figure 1.	1-7
A	US 2014050370 A1 (INKUMSAH KOBINA K ET AL.) 20/02/2014, the whole document.	1-7
A	US 2011280454 A1 (SU LEIMING ET AL.) 17/11/2011, the whole document.	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28/07/2017

Date of mailing of the international search report
(13/09/2017)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
G. Foncillas Garrido

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3493282

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2017/070148

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	S. ANU H NAIR et al.. PCA BASED IMAGE FUSION OF FACE AND IRIS BIOMETRIC FEATURES CSE. Department, Annamalai University, Annamalai Nagar, Chidambaram, Tamil Nadu, India.. 31/12/2013, Vol. 1, Pages 2319 - 2526. the whole document. the whole document.	1-7
A	ABU HASNAT MOHAMMAD RUBAIYAT et al. FAST NORMALIZED CROSS-CORRELATION BASED RETINAL. 17th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT). 31/12/2014. the whole document. The whole the document.	1-7
A	US 2006072793 A1 (DETERMAN GARY E) 06/04/2006, the whole document.	1-7
A	US 2008253622 A1 (TOSA YASUNARI ET AL.) 16/10/2008, the whole document.	1-7
A	US 2012293643 A1 (HANNA KEITH J) 22/11/2012, the whole document.	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2017/070148

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US2008226139 A1	18.09.2008	CN101266647 A CN101266647B B JP2008226125 A JP4309928B B2 US7957566 B2 EP1969994 A2 EP1969994 A3	17.09.2008 26.09.2012 25.09.2008 05.08.2009 07.06.2011 17.09.2008 07.04.2010
----- USRE39539E E	----- 03.04.2007	USRE42471E E USRE41376E E US6246344 B1 US2001028309 A1 US6542081 B2 US5748113 A US6163281 A WO9967757 A1 AU4583399 A	----- 21.06.2011 15.06.2010 12.06.2001 11.10.2001 01.04.2003 05.05.1998 19.12.2000 29.12.1999 10.01.2000
----- US2014050370 A1	----- 20.02.2014	US2014050371 A1 US8953851 B2 US8953850 B2	----- 20.02.2014 10.02.2015 10.02.2015
----- US2011280454 A1	----- 17.11.2011	US8401247 B2 JP2010170347 A JP5387007B B2 WO2010084967 A1	----- 19.03.2013 05.08.2010 15.01.2014 29.07.2010
----- US2006072793 A1	----- 06.04.2006	WO2006041919 A1 KR20070062599 A JP2008516339 A	----- 20.04.2006 15.06.2007 15.05.2008
----- US2008253622 A1	----- 16.10.2008	US2012213418 A1 US8644562 B2 US8170293 B2 WO2008091401 A2 WO2008091401 A3	----- 23.08.2012 04.02.2014 01.05.2012 31.07.2008 20.11.2008
----- US2012293643 A1	----- 22.11.2012	WO2012158825 A2 WO2012158825 A3 US9124798 B2	----- 22.11.2012 21.03.2013 01.09.2015
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070148

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G06K9/00 (2006.01)

H04N1/00 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06K, H04N

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
Y	US 2008226139 A1 (SUZUKI TOMOHARU ET AL.) 18/09/2008, Todo el documento	1-7
Y	DAVID MAS et al.. NONINVASIVE MEASUREMENT OF EYE RETRACTION DURING BLINKING. 31/12/2010, Vol. 35, Páginas 1884-1886	1-7
Y	US RE39539 E (TORCH WILLIAM C)) 03/04/2007, Resumen y figura 1.	1-7
A	US 2014050370 A1 (INKUMSAH KOBINA K ET AL.) 20/02/2014, Todo el documento.	1-7
A	US 2011280454 A1 (SU LEIMING ET AL.) 17/11/2011, Todo el documento.	1-7

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
28/07/2017

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
13 de septiembre de 2017 (13/09/2017)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
G. Foncillas Garrido

Nº de teléfono 91 3493282

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070148

C (Continuación).		DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	S. ANU H NAIR et al.. PCA BASED IMAGE FUSION OF FACE AND IRIS BIOMETRIC FEATURES CSE. Department, Annamalai University, Annamalai Nagar, Chidambaram, Tamil Nadu, India.. 31/12/2013, Vol. 1, Páginas 2319 - 2526. Todo el documento. Todo el documento.	1-7
A	ABU HASNAT MOHAMMAD RUBAIYAT et al. FAST NORMALIZED CROSS-CORRELATION BASED RETINAL. 17th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT). 31/12/2014. Todo el documento. Todo el documento.	1-7
A	US 2006072793 A1 (DETERMAN GARY E) 06/04/2006, Todo el documento.	1-7
A	US 2008253622 A1 (TOSA YASUNARI ET AL.)) 16/10/2008, Todo el documento.	1-7
A	US 2012293643 A1 (HANNA KEITH J) 22/11/2012, Todo el documento.	1-7

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2017/070148

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US2008226139 A1	18.09.2008	CN101266647 A CN101266647B B JP2008226125 A JP4309928B B2 US7957566 B2 EP1969994 A2 EP1969994 A3	17.09.2008 26.09.2012 25.09.2008 05.08.2009 07.06.2011 17.09.2008 07.04.2010
----- USRE39539E E	----- 03.04.2007	USRE42471E E USRE41376E E US6246344 B1 US2001028309 A1 US6542081 B2 US5748113 A US6163281 A WO9967757 A1 AU4583399 A	----- 21.06.2011 15.06.2010 12.06.2001 11.10.2001 01.04.2003 05.05.1998 19.12.2000 29.12.1999 10.01.2000
----- US2014050370 A1	----- 20.02.2014	US2014050371 A1 US8953851 B2 US8953850 B2	----- 20.02.2014 10.02.2015 10.02.2015
----- US2011280454 A1	----- 17.11.2011	US8401247 B2 JP2010170347 A JP5387007B B2 WO2010084967 A1	----- 19.03.2013 05.08.2010 15.01.2014 29.07.2010
----- US2006072793 A1	----- 06.04.2006	WO2006041919 A1 KR20070062599 A JP2008516339 A	----- 20.04.2006 15.06.2007 15.05.2008
----- US2008253622 A1	----- 16.10.2008	US2012213418 A1 US8644562 B2 US8170293 B2 WO2008091401 A2 WO2008091401 A3	----- 23.08.2012 04.02.2014 01.05.2012 31.07.2008 20.11.2008
----- US2012293643 A1	----- 22.11.2012	WO2012158825 A2 WO2012158825 A3 US9124798 B2	----- 22.11.2012 21.03.2013 01.09.2015
-----	-----	-----	-----