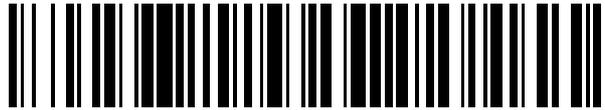


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 495 425**

51 Int. Cl.:

G06K 9/62

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2011 E 11305905 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014 EP 2546782**

54 Título: **Detección de vida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.09.2014

73 Titular/es:

**ACCENTURE GLOBAL SERVICES LIMITED
(100.0%)**

**3 Grand Canal Plaza Grand Canal Street Upper
Dublin 4, IE**

72 Inventor/es:

CAVALLINI, ALESSIO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 495 425 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

Detección de vida

Campo

La presente revelación se refiere a la verificación de la presencia de una cara viva delante de una cámara.

5 Antecedentes

Cada vez es más común el uso de datos biométricos para verificar automáticamente la identidad de individuos. En realidad, actualmente están disponibles algoritmos de ordenador sofisticados para determinar automáticamente un emparejamiento entre datos biométricos registrados y datos biométricos adquiridos recientemente capturados por un dispositivo de entrada adecuado.

10 Un tipo común de datos biométricos usados para verificación de identidad es una imagen de la cara. Ciertamente, los pasaportes, tarjetas de identidad, permisos de conducción y otros documentos de identidad casi siempre incluyen una foto del titular del documento. Se ha propuesto proporcionar máquinas que puedan capturar una imagen del titular del documento y comparar esta imagen con una imagen registrada del documento de identidad para identificar automáticamente al titular del documento.

15 Sin embargo, los defraudadores puede ser capaces de engañar tales máquinas sujetando una foto del titular del documento delante de la cámara en vez de presentar su propia cara.

Por tanto, existe una necesidad de un método y un dispositivo efectivos para verificar que una imagen de una cara capturada por una cámara es realmente una cara viva y no simplemente una fotografía.

20 El documento titulado "Verificación de vida por múltiples expertos en biométrica facial", de K. Kollreider y otros, TALLERES DE VISIÓN Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES POR ORDENADOR, 2008, TALLERES CVPR, CONFERENCIA DE SOCIEDAD DE ORDENADORES IEEE, páginas 1-6, se refiere a un paradigma de detección de vida holístico que colabora con técnicas ordinarias de biometría facial en 2D.

El documento titulado "La fusión de información – policopiado de apuntes" de Arnaud Martín, capítulo titulado "Capítulo 4 – Métodos de votación", se refiere a la generalización de un principio de voto por mayoría absoluta.

25 La solicitud de patente europea EP 1 835 440 se refiere a un dispositivo de autenticación que intenta proporcionar resistencia frente al engaño.

El documento titulado "Estudio comparativo sobre métodos de detección de parpadeo y de estimación de la mirada fija para HCI, en particular método de detección de parpadeo utilizando un filtro Gabor", Kohei Arai y otros. TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN: NUEVAS GENERACIONES (ITNG), 2011, OCTAVA CONFERENCIA INTERNACIONAL, se refiere a un método de detección de parpadeo con un filtro Gabor.

30

Sumario

Es un objeto de las realizaciones de la presente revelación abordar al menos parcialmente una o más necesidades de la técnica anterior.

35 Según un aspecto de la presente revelación, se proporciona un método para verificar la presencia de una cara viva delante de una cámara, comprendiendo el método: capturar mediante dicha cámara una secuencia de imágenes de una cara; detectar una pluralidad de características de dicha cara en cada una de dichas imágenes; medir parámetros asociados con dichas características detectadas para determinar si cada uno de una pluralidad de indicadores de vida está presente en dichas imágenes; determinar si dicha cara es, o no, una cara viva basándose en la presencia en dichas imágenes de una combinación de al menos dos de dichos indicadores de vida.

40 Según una realización, la determinación de si cada uno de una pluralidad de indicadores de vida está presente en dichas imágenes comprende determinar una puntuación de parámetro para cada uno de dicho indicadores de vida basándose en dichos parámetros medidos y comparar cada una de dichas puntuaciones de parámetro con al menos un umbral.

45 Según otra realización, la determinación de si dicha cara es, o no, una cara viva comprende: generar una puntuación intermedia basada en la presencia determinada de cada uno de dichos indicadores de vida; ajustar dicha puntuación intermedia si se detecta la presencia de dicha combinación de al menos dos indicadores de vida en dichas imágenes; y comparar dicha puntuación ajustada con al menos un valor umbral.

50 Según otra realización, la presencia en dichas imágenes de dicha combinación de dichos al menos dos de dichos indicadores de vida se detecta basándose en al menos una medición de la extensión del parpadeo de los ojos en dicha imágenes y en una medición del cambio en las proporciones faciales en dichas imágenes.

Según otra realización, la determinación de que dicha cara es una cara viva también se basa en la presencia en dichas imágenes de una combinación de al menos dos indicadores de vida adicionales detectados basándose en una medición de la dirección de mirada de los ojos en dichas imágenes y en una medición de la extensión de la apertura de la boca en dichas imágenes.

- 5 Según otra realización, la presencia en dichas imágenes de dicha combinación de dichos al menos dos de dichos indicadores de vida se detecta basándose en al menos una medición de la dirección de mirada de los ojos en dichas imágenes y en una medición de la extensión de la apertura de la boca en dichas imágenes.

Según un aspecto adicional de la presente revelación, se proporciona un medio legible por ordenador que almacena un programa de ordenador que, cuando es ejecutado por un procesador, hace que se ejecute el método anterior.

- 10 Según un aspecto adicional de la presente revelación, se proporciona un dispositivo para verificar la presencia de una cara viva delante de una cámara, comprendiendo el dispositivo: una entrada para recibir una secuencia de imágenes de una cara capturada por dicha cámara; un procesador configurado para: detectar una pluralidad de características de dicha cara en cada una de dichas imágenes; medir parámetros asociados con dichas características asociadas para determinar si cada uno de una pluralidad de indicadores de vida está presente en dichas imágenes; y determinar si dicha cara es, o no, una cara viva basándose en la presencia en dichas imágenes de una combinación de al menos dos de dicha pluralidad de indicadores de vida.

Según una realización, dicho dispositivo es un punto de control de documentos.

- 20 Según otra realización, el dispositivo comprende además un elemento de lectura para leer datos biométricos de un pasaporte, comprendiendo dichos biométricos una imagen registrada de la cara del titular del pasaporte, en donde dicho procesador está configurado además para comparar dicha imagen registrada con al menos una de dicha secuencia de imágenes si se determina que dicha cara es una cara viva.

- 25 En general, un aspecto de la materia objeto descrita en esta memoria puede materializarse en métodos que incluyen las acciones de generar unas imágenes primera y segunda de una cara usando una cámara; generar un primer valor para una o más características faciales de la cara midiendo el mismo atributo de las características faciales en la primera imagen; generar un segundo valor para las características faciales midiendo el mismo atributo de las características faciales en la segunda imagen; generar un valor de comparación para las características faciales basándose en el primer valor y en el segundo valor; comparar el valor de comparación para las características faciales con un umbral predeterminado; y, basándose en la comparación del valor de comparación para las características faciales con el umbral predeterminado, determinar que la cara de las imágenes primera y segunda es
- 30 (i) una foto de una cara o (ii) es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara.

Según una realización, la determinación comprende: identificar una o más características basándose en parte en si el valor de comparación para la característica satisface el umbral predeterminado; calcular una puntuación global usando las características identificadas; y comparar la puntuación global con un segundo umbral predeterminado.

- 35 Según otra realización, se asignan pesos individuales a las características identificadas, y en donde el peso individual para una característica facial se determina basándose al menos en parte en una comparación del valor de comparación para la característica facial y el valor umbral correspondiente.

- 40 Según otra realización, los métodos incluyen las acciones de: en un caso en el que se identifiquen dos o más características: calcular una o más puntuaciones de combinación para las características identificadas, en donde las características identificadas satisfacen una o más combinaciones especificadas; y ajustar la puntuación global usando las una o más puntuaciones de combinación.

Según otra realización, las combinaciones especificadas y las puntuaciones de combinación correspondientes se determinan usando técnicas de inteligencia artificial.

- 45 Según otra realización, la medición de un atributo de las características faciales comprende la medición de al menos una de las siguientes características: distancia entre los ojos, proporciones faciales, apertura de la boca, mirada de los ojos y parpadeo de los ojos.

- Otro aspecto de la materia objeto descrita en esta memoria puede materializarse en sistemas que comprenden: uno o más ordenadores programados para realizar operaciones que comprenden: generar unas imágenes primera y segunda de una cara usando una cámara; generar un primer valor para una o más características faciales de la cara midiendo un atributo de las características faciales en la primera imagen; generar un segundo valor las características faciales midiendo el mismo atributo de las características faciales en la segunda imagen; generar un valor de comparación para las características faciales basándose en el primer valor y en el segundo valor; comparar el valor de comparación para las características faciales con un umbral predeterminado; y, basándose en la comparación del valor de comparación para las características faciales con el umbral predeterminado, determinar que la cara de las imágenes primera y segunda es (i) una foto de una cara o (ii) es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara.
- 50
- 55

Según una realización, la determinación comprende: identificar una o más características basándose en parte en si el valor de comparación para la característica satisface el umbral predeterminado; calcular una puntuación global usando las características identificadas; y comparar la puntuación global con un segundo umbral predeterminado.

5 Según otra realización, se asignan pesos individuales a las características identificadas, y en donde el peso individual para una característica facial se determina basándose al menos en parte en una comparación del valor de comparación para la característica facial y el valor umbral correspondiente.

10 Según otra realización, el sistema comprende además: en un caso en el que se identifiquen dos o más características: calcular una o más puntuaciones de combinación para las características identificadas, en donde las características identificadas satisfacen una o más combinaciones especificadas; y ajustar la puntuación global usando la una o más puntuaciones de combinación.

Según otra realización, las combinaciones especificadas y las puntuaciones de combinación correspondientes se determinan usando técnicas de inteligencia artificial.

15 Según otra realización, la medición de un atributo de las características faciales comprende la medición de al menos una de las siguientes características: distancia entre los ojos, proporciones faciales, apertura de la boca, mirada de los ojos y parpadeo de los ojos.

20 Otro aspecto de la materia objeto descrita en esta memoria puede materializarse en un medio de almacenamiento de ordenador codificado con un programa de ordenador, comprendiendo el programa instrucciones que cuando se ejecutan por el aparato de procesamiento de datos hacen que el aparato de procesamiento de datos realice operaciones que consisten en: generar unas imágenes primera y segunda de una cara usando una cámara; generar un primer valor para una o más características faciales de la cara midiendo un atributo de las características faciales de la primera imagen; generar un segundo valor para las características faciales midiendo el mismo atributo de las características faciales en la segunda imagen; generar un valor de comparación para las características faciales basándose en el primer valor y en el segundo valor; comparar el valor de comparación para las características faciales con un umbral predeterminado; y basándose en la comparación del valor de comparación para las características faciales con el umbral predeterminado, determinar que la cara de la imágenes primera o segunda es (i) una foto de una cara o (ii) una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara.

Según una realización, la determinación comprende: identificar una o más características basándose en parte en si el valor de comparación para la característica satisface el umbral predeterminado; calcular una puntuación global usando las características identificadas; y comparar la puntuación global con un segundo umbral predeterminado.

30 Según otra realización, se asignan pesos individuales a las características identificadas, y en donde se determina el peso individual para una característica facial basándose al menos en parte en una comparación del valor de comparación para la característica facial y el valor umbral correspondiente.

35 Según otra realización, el medio de almacenamiento de ordenador comprende: en un caso en el que se identifiquen dos o más características: calcular una o más puntuaciones de combinación para las características identificadas, en donde las características identificadas satisfacen una o más combinaciones especificadas; y ajustar la puntuación global usando las una o más puntuaciones de combinación.

Según otra realización, las combinaciones especificadas y las puntuaciones de combinación correspondientes se determinan usando técnicas de inteligencia artificial.

40 Según otra realización, la medición de un atributo de las características faciales comprende la medición de al menos una de las siguientes características: distancia entre los ojos, proporciones faciales, apertura de la boca, mirada de los ojos y parpadeo de los ojos.

Los detalles de una o más realizaciones se exponen en los dibujos anexos y en la siguiente descripción. Se harán evidentes otras características y ventajas potenciales a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

45 Las anteriores y otras finalidades, características y aspectos de la revelación se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de los ejemplos de la realización, dada a modo de ilustración y sin limitación, con referencia a los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 ilustra un punto de control de documentos según una realización de ejemplo;

50 La figura 2 ilustra esquemáticamente un dispositivo de verificación de imagen para verificar automáticamente la presencia de una cara viva delante de una cámara según una realización de ejemplo;

Las figuras 3A a 3E son imágenes faciales que muestran parámetros que pueden medirse para detectar la presencia de indicadores de vida en una secuencia de imágenes según una realización de ejemplo;

La figura 4 es un diagrama de flujo que muestra operaciones en un método de verificación de la presencia de una cara viva delante de una cámara según una realización de ejemplo; y

La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra operaciones en un método según una realización de ejemplo adicional.

- 5 En todas las figuras, las características iguales se han etiquetado con números de referencia iguales.

Descripción detallada

La figura 1 ilustra un punto de control 100 de documentos para verificar automáticamente la identidad del titular 102 de un documento.

- 10 El punto de control 100 comprende, por ejemplo, un monitor 104, a través del cual se invita a un usuario 102 a presentar un documento de identidad 106, tal como un pasaporte o tarjeta de identificación, a un lector 108 de documentos. Por ejemplo, el documento de identidad 106 puede comprender una etiqueta de RF (radiofrecuencia) u otro chip que sea accesible inalámbricamente y que almacene datos biométricos, incluyendo una imagen de la cara del titular del documento. El lector 108 se comunica, por ejemplo, con la etiqueta RF o chip de del documento de identidad 106 con el fin de recuperar los datos biométricos. Alternativa o adicionalmente, el lector 108 puede explorar ópticamente una foto presente en el documento de identidad 106.

- 15 Cualquiera que sea la forma del lector 108, los datos biométricos y, en particular, la imagen de la cara del titular del documento se recuperan del documento de identidad 106 y se almacenan en una memoria de un dispositivo 110 de verificación de imagen del punto de control 100. El dispositivo 110 de verificación de imagen también está, por ejemplo, en comunicación con el monitor 104 y con una cámara 112, que está dispuesta para capturar una secuencia de imágenes de la cara del usuario 102.

- 20 Según se muestra en la figura 1, en vez de presentar su propia cara a la cámara 112, el usuario 102 puede no ser el titular autorizado del documento de identidad 106, y puede presentar a la cámara 112 una foto 114 que coincida con la foto del documento de identidad 106. Además, el usuario 102 puede realizar algunas acciones, tales como doblar la foto, con el fin de dar la impresión de una cara viva y en movimiento. Alternativamente, el defraudador puede presentar a la cámara 112 una foto presentada en la pantalla de un dispositivo de presentación electrónico, tal como un teléfono inteligente o un ordenador tipo tableta. Según las realizaciones de ejemplo descritas en el presente documento, el dispositivo 110 de verificación de imagen es capaz de determinar que la cámara 112 está viendo directamente una foto o reproducción de la cara y no una cara viva, según se describirá con mayor detalle a continuación.

- 25 En toda la presente solicitud, la verificación de que una cara viva está delante de una cámara significa verificar que la imagen de la cara capturada por el sensor de imagen de la cámara no es el resultado de una reproducción. En particular, la imagen no resulta de una imagen bidimensional impresa o presentada de una cara mantenida delante de una cámara, sino que resulta de una cara viva tridimensional, en carne y hueso, que se presenta directamente delante de la cámara.

- 30 La figura 2 ilustra un aparato 200 que es adecuado para implementar las realizaciones de la presente descripción. En particular, el aparato 200 comprende, por ejemplo, el monitor 104, la cámara 112 y el dispositivo 110 de verificación de imagen de la figura 1. El monitor 104 es, por ejemplo, una pantalla táctil que permite al usuario 102 realizar selecciones e introducir datos. Adicional o alternativamente, puede proporcionarse un teclado de entrada, ratón u otro tipo de dispositivo de entrada.

- 35 El dispositivo 100 de verificación de imagen se implementa, por ejemplo, en un ordenador de uso general o plataforma de procesamiento similar, y comprende un procesador 202 en comunicación con una memoria 204 de instrucción, un dispositivo 206 de memoria y, en algunas realizaciones, un interfaz 208 de red. El procesador 202 también está en comunicación con el monitor 104 y la cámara 112. El procesador 202 puede comprender un microprocesador, un microcontrolador, un procesador de señales digitales, o combinaciones adecuadas de los mismos, y ejecuta instrucciones almacenadas en la memoria 204 de instrucción, que podría ser una memoria volátil tal como una DRAM (memoria dinámica de acceso aleatorio), u otro tipo de memoria. El dispositivo 206 de memoria es, por ejemplo, una memoria no volátil, tal como una unidad de disco duro o unidad FLASH, y, por ejemplo, incluye una porción 210 de memoria de imagen para almacenar imágenes faciales capturadas por la cámara 112 y/o recuperadas del documento 106 de identidad. El interfaz 208 de red puede proporcionar, por ejemplo, una conexión alámbrica o inalámbrica a una red de comunicaciones, tal como internet, permitiendo, por ejemplo, la descarga de actualizaciones de los programas almacenados por la memoria 204 de instrucción, y que se envíe una alerta a un puesto de control central en el que caso de que se detecte la presencia de una foto delante de la cámara 112.

- 40 Las figuras 3A a 3E representan cada una la misma imagen de una cara y muestran ejemplos de parámetros de características faciales que pueden medirse para verificar la vida de la cara según las realizaciones descritas en el presente documento. En particular, la verificación de cada parámetro basándose en tales características faciales indica si está presente, o no, el indicador de vida correspondiente, lo cual, a su vez, indica que la cámara está viendo una cara viva. Las características faciales se miden, por ejemplo, en una secuencia de al menos cinco

imágenes.

La evaluación de los indicadores de vida de las figuras 3A a 3E implican, por ejemplo, en primer lugar la detección de ciertas características faciales en cada una de las imágenes capturadas. Esta detección estará dentro de las capacidades de los expertos en la técnica. Por ejemplo, la detección facial basada en detección de características se discute con mayor detalle en el documento "Aprendizaje asimétrico rápido para detección facial en cascada" de Jianxin Wu y otros, cuyo contenido se incorpora así por referencia en la medida en que la ley lo permita.

Según se represente en la figura 3A, un indicador de vida facial está basado en la distancia medida entre las pupilas de los ojos, que no deberá variar mucho en una secuencia de imágenes de la cara. Variaciones relativamente altas de esta distancia podrían indicar que se está doblando una foto para dar la impresión de una cara viva. Por ejemplo, después de detectar dos ojos en la cara de cada una de la secuencia de imágenes, se mide la distancia d entre las pupilas de los ojos para proporcionar una serie de mediciones d_1 a d_N , en donde N es el número de imágenes de la secuencia. Las mediciones se analizan para garantizar que la distancia entre los ojos no fluctúa demasiado, por ejemplo en más de unos pocos milímetros respecto de la distancia media entre los ojos. Por ejemplo, tomando la desviación estándar de las distancias d_1 a d_N , puede determinarse una puntuación de parámetro S_{ED} , y ésta puede compararse con un valor de umbral TH_{ED} para evaluar la extensión de la variación de la distancia entre los ojos. El valor de umbral podría ser, por ejemplo, igual a unos pocos milímetros. La siguiente ecuación se usa, por ejemplo, para proporcionar la puntuación de parámetro S_{ED} para la distancia entre los ojos:

$$S_{ED} = \sigma(d_1, d_N)$$

en donde $\sigma(d_1, d_N)$ es la desviación estándar del rango de mediciones de d_1 a d_N .

Según se representa en la figura 3B, otro indicador de vida facial está basado en las proporciones de la cara, las cuales de nuevo no deben variar mucho en la secuencia de imágenes. El contorno de la cara se detecta, por ejemplo, con o sin el pelo, para proporcionar una serie de mediciones de anchura X_1 a X_N y mediciones de altura Y_1 a Y_N de la cara en la secuencia de N imágenes. A continuación, se determina, por ejemplo, una relación entre las mediciones X e Y , tal como dividiendo cada medición X por la medición Y correspondiente, y se verifica que estas relaciones no varían demasiado, por ejemplo no más de un 5 por ciento respecto de la media. Por ejemplo, tomando la desviación estándar de estas relaciones, puede determinarse una puntuación de parámetro S_{FP} y compararla con un valor umbral TH_{FP} para evaluar el grado de variación de las proporciones de la cara. La siguiente ecuación se usa, por ejemplo, para proporcionar la puntuación de parámetro S_{FP} para las proporciones de la cara:

$$S_{FP} = \sigma(X_1/Y_1, X_N/Y_N)$$

en donde $\sigma(X_1/Y_1, X_N/Y_N)$ es la desviación estándar del rango de relaciones de X_1/Y_1 a X_N/Y_N .

Según se representa en la figura 3C, otro indicador de vida facial está basado en la extensión de la abertura de la boca, que, por ejemplo, es probable que varíe al menos en cierto grado si la cara es una cara viva. Una vez que se ha detectado la característica de la boca, se detecta, por ejemplo, la separación entre los labios en cada imagen para proporcionar unas mediciones M_1 a M_N . A continuación, se verifica si existe al menos un movimiento mínimo de la boca. Por ejemplo, la desviación estándar de las mediciones M_1 a M_N proporciona una puntuación de parámetro S_{MO} que puede compararse con un valor umbral TH_{MO} para evaluar la extensión del movimiento de la boca. Por ejemplo, el umbral TH_{MO} podría ser de alrededor de uno o dos milímetros. La siguiente ecuación se usa, por ejemplo, para proporcionar la puntuación de parámetro S_{MO} para la extensión de la abertura de la boca:

$$S_{MO} = \sigma(M_1, M_N)$$

en donde $\sigma(M_1, M_N)$ es la desviación estándar del rango de mediciones de M_1 a M_N .

Según se representa en la figura 3D, otro indicador de vida facial está basado en la mirada de los ojos, que debe permanecer, por ejemplo, dentro de ciertos límites. En el caso de que la mirada de los ojos supere estos límites, por ejemplo si la mirada permanece muy rígida, o si varía más allá de los márgenes normales, esto podría indicar que se ha colocado una foto delante de la cámara y que, por ejemplo, está siendo doblada. Por ejemplo, la dirección de los ojos se evalúa independientemente para cada ojo a fin de proporcionar unas mediciones EgL_1 a EgL_N para el ojo izquierdo en la secuencia de imágenes, y unas mediciones EgR_1 a EgR_N para el ojo derecho en la secuencia de imágenes. Por ejemplo, se describen con más detalle métodos para seguir la mirada en la publicación titulada "Seguimiento ocular en interacción humano-ordenador e investigación de usabilidad: Preparados para cumplir las promesas", de Jacob y otros, la cual se incorpora al presente documento por referencia en la medida en que la ley lo permita. Se usa entonces, por ejemplo, la siguiente ecuación, para proporcionar una puntuación de parámetro S_{EG} para la mirada de los ojos:

$$S_{EG} = \left| \sigma(EgR_1, EgR_N) - \sigma(EgL_1, EgL_N) \right|$$

en donde $\sigma(EgR_1, EgR_N)$ es la desviación estándar del rango de valores de EgR_1 a EgR_N para el ojo derecho, y $\sigma(EgL_1, EgL_N)$ es la desviación estándar del rango de valores de EgL_1 a EgL_N para el ojo izquierdo. El módulo del resultado de la resta de las desviaciones estándar se calcula, por ejemplo, por elevación al cuadrado y sacando

luego la raíz cuadrada del resultado. Este parámetro de puntuación S_{EG} se compara, por ejemplo, con umbrales superior e inferior LTH_{EG} y HTH_{EG} , respectivamente, para verificar que la mirada de los ojos está dentro de márgenes aceptables.

5 Según se representa en la figura 3E, otro indicador de vida facial se basa en el número de veces que parpadean los ojos, lo cual ocurre normalmente, por ejemplo, al menos una o dos veces durante el periodo de tiempo en el que se capturan las imágenes, dependiendo de la duración de este periodo. El seguimiento de los ojos y la detección del parpadeo se discuten, por ejemplo, con mayor detalle en la publicación titulada "Seguimiento de ojos y detección de parpadeo en tiempo real con cámaras USB" de Michael Chau y otros, cuyo contenido se incorpora así en el presente documento por referencia en la medida en que la ley lo permita. Por ejemplo, se detectan los ojos y se evalúa en
10 qué medida están abiertos los ojos izquierdo y derecho en cada imagen para proporcionar mediciones EoR_1 a EoR_2 para el ojo derecho y EoL_1 a EoL_2 para el ojo izquierdo. Por ejemplo, se mide la distancia entre los párpados superior e inferior de los ojos. A continuación, se evalúa la puntuación del parámetro de parpadeo de los ojos S_{EB} como el número de imágenes de la secuencia en el que está abierto uno u otro ojo, usando, por ejemplo, la ecuación:

$$S_{EB} = \sum_{k=1}^N [IfCount(EoR_k > y, 1, 0) + IfCount(EoL_k > y, 1, 0)]$$

15 en donde $IfCount(x, 1, 0)$ es una función que tiene un valor de 1 si x es verdadera y un valor 0 si x es falsa, y es un valor umbral por encima del cual se considera que los ojos están abiertos, igual, por ejemplo, a 3 o 4 milímetros. Por ejemplo, la puntuación de parámetro S_{EB} se compara a continuación con un umbral TH_{EB} , por ejemplo igual a 1 o 2.

20 Debe observarse que los ejemplos de las figuras 3A a 3E son sólo unos pocos de los posibles indicadores de vida que podrían evaluarse en la secuencia de imágenes. En realizaciones alternativas, sólo podrían realizarse algunas de estas mediciones, y/o podrían realizarse mediciones adicionales, por ejemplo, basadas en otras características detectadas de la cara.

25 La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra operaciones en un método para verificar la presencia de una cara viva delante de una cámara según un ejemplo. Estas operaciones se implementan, por ejemplo, por el procesador 202 de la figura 2 bajo el control de las instrucciones de la memoria 204 de instrucción.

30 En una primera operación S_0 se captura una secuencia de N imágenes por la cámara 112 de la figura 2. Por ejemplo, la cámara 112 proporciona una alimentación de vídeo desde la cual se extraen la secuencia de imágenes. El número de imágenes N es, por ejemplo, de al menos 5 y podría llegar a ser de varios cientos. La cámara 112 toma N imágenes cada M segundos, de tal manera que le lleva M segundos capturar todas las imágenes. Por ejemplo, M está entre 1 y 20 segundos. En algunos casos, no todas las imágenes capturadas por la cámara se usan para la detección de vida, dado que algunas imágenes se filtran y descartan si, por ejemplo, son de una calidad pobre, tal como que sean borrosas debido a un movimiento del usuario.

35 En una operación subsiguiente S_1 se detectan características faciales en cada una de las N imágenes. Las características faciales particulares que se detectan dependerán de los indicadores de vida que se han de evaluar en las imágenes, pero en el presente ejemplo las características son los ojos, el contorno de la cara y la boca.

En una operación subsiguiente S_2 se comprueba si existen o no datos suficientes en las imágenes capturadas. Por ejemplo, si no ha sido posible detectar una o más de las características faciales en algunas de las imágenes capturadas, puede considerarse que debe repetirse el proceso volviendo a la operación S_0 y mostrando, por ejemplo, un mensaje al titular del documento recordándole mirar a la cámara y permanecer quieto.

40 Si hay datos suficientes, las siguientes operaciones son S_3A a S_3E , que se pueden realizar en paralelo según se ilustra en la figura 4, o al menos parcialmente en serie. Las operaciones S_3A a S_3E se corresponden, por ejemplo, con la evaluación de la presencia de los indicadores de vida descritos anteriormente con respecto a la figuras 3A a 3E, respectivamente. Cada una de estas operaciones implica determinar una puntuación de parámetro relativa a un indicador de vida correspondiente, y comparar esta puntuación con un umbral correspondiente para proporcionar un resultado de evaluación de característica, que sea, por ejemplo, un resultado de "VERDADERO" o "FALSO". Por ejemplo, ninguna de las pruebas determina concluyentemente por sí sola que la cara es una cara viva, pero un resultado "VERDADERO" significa que la prueba correspondiente corrobora esta hipótesis debido a la presencia de este indicador de vida, mientras que un resultado "FALSO" significa que la prueba correspondiente corrobora la hipótesis opuesta de que la cara no es una cara viva, debido a la ausencia de este indicador de vida.

50 Por ejemplo, el indicador de parpadeo de los ojos se considera verdadero si la puntuación de parpadeo de los ojos S_{EB} es mayor que el umbral TH_{EB} . Similarmente, el indicador de distancia entre los ojos se considera verdadero, por ejemplo, si la puntuación de distancia entre los ojos S_{ED} es menor que TH_{ED} , en donde TH_{ED} es un umbral alto. El indicador de proporción facial se considera verdadero, por ejemplo, si la puntuación de proporción facial es menor que TH_{FP} , en donde TH_{FP} es un umbral alto. El indicador de abertura de la boca se considera verdadero, por

ejemplo, si la puntuación de apertura de la boca S_{MO} es mayor que TH_{MO} , en donde TH_{MO} es un umbral bajo. El indicador de mirada de los ojos se considera verdadero, por ejemplo si la puntuación de mirada de los ojos esta en el rango de $LTH_{EG} < S_{EG} < HTH_{EG}$, en donde LTH_{EG} y HTH_{EG} son, respectivamente, umbrales bajo y alto.

5 En una siguiente operación S4 se calculan y se suman puntuaciones basándose en los resultados de evaluación de características determinados en las operaciones S3A a S3E. Por ejemplo, esto implica añadir sencillamente 1 a la suma por cada resultado "VERDADERO", y nada por cada resultado "FALSO". Alternativamente, se aplican ponderaciones apropiadas a cada uno de los resultados dependiendo, por ejemplo, de la importancia del indicador de vida particular para una evaluación correcta de la cara viva. En un ejemplo, las operaciones S3A a S3E se asocian con ponderaciones de 20, 15, 10, 30 y 20, respectivamente, y así para cada resultado de evaluación de una característica que sea "VERDADERO" se suma la ponderación correspondiente en la operación S4 para proporcionar una puntuación simada. Como ejemplo, si las operaciones S3A, S3B y S3E devuelven un resultado "VERDADERO", y las otras operaciones un resultado "FALSO", la puntuación sería de 55.

Las operaciones subsiguientes son S5 y S6, las cuales de nuevo pueden realizarse en paralelo según se muestra en la figura 4, o al menos parcialmente en serie.

15 La operación S5 implica determinar si una combinación A de indicadores de vida es verdadera. La combinación A es, por ejemplo, que la puntuación de parpadeo de los ojos y la puntuación de proporción facial son ambas verdaderas. Si es así, la siguiente operación es S7, en la cual la puntuación sumada determinada en S4, y potencialmente en S8, se aumenta en una cantidad fija C_A . Alternativamente, la puntuación sumada podría aumentarse en una cantidad dependiente del producto de las puntuaciones de parámetro para cada uno de los indicadores de vida de la combinación A.

20 La operación S6 implica determinar si es verdadera una combinación B de indicadores de vida. Por ejemplo, la combinación B es que sean verdaderas todas las puntuaciones del parpadeo de los ojos, mirada de los ojos y la apertura de la boca. Si es así, la siguiente operación es S8, en la cual la puntuación sumada determinada en la operación S4, y potencialmente en S7, se aumenta en una cantidad fija C_B . Alternativamente la puntuación sumada podría aumentarse en una cantidad dependiente del producto de las puntuaciones de parámetros de cada uno de los indicadores de vida de la combinación B.

En realizaciones alternativas, otros indicadores de vida podrían formar las combinaciones A y B de las operaciones S5 y S6.

30 Después de las operaciones S7 y S8, la siguiente operación es S9, en la que la puntuación total determinada en las operaciones S4, S7 y S8 se compara con un valor umbral TH, y si el umbral se supera, la siguiente operación es S10, en la que se determina que la secuencia de imágenes ha pasado la prueba y puede considerarse relativa a una cara viva, mientras que si el umbral no se supera, la siguiente operación es S11, en la que se determina que la secuencia de imágenes no ha superado la prueba. En el último caso, puede mostrarse un mensaje de error en el monitor 104 de las figuras 1 y 2, y en algunos casos el personal de seguridad puede ser informado, mediante el interfaz 208 de red de la figura 2, de tal manera que pueda realizarse una verificación manual del documento de identidad.

40 El umbral TH es programado, por ejemplo, por un usuario para proporcionar una tasa baja aceptable de evaluaciones de falsos positivos y falsos negativos. Por ejemplo, esto podría corresponder a una puntuación que requiera que al menos una de las combinaciones A y B sea verdadera y que al menos tres de los resultados de características sean verdaderos. En algunos casos, el sistema podría determinar automáticamente el umbral TH basándose en datos de prueba para los cuales dicho sistema sabe si una imagen capturada es, o no, de una cara viva.

45 Aunque no se ilustra en la figura 4, en paralelo con, o después de, verificar que la cara de la secuencia de imágenes es una cara viva, la cara se compara, por ejemplo, con la imagen del documento de identidad, y si hay coincidencia, se permite, por ejemplo, al usuario 102 acceder a una área restringida, por ejemplo una sala de salidas de un aeropuerto. Por ejemplo, el punto de control 100 de documentos de la figura 1 puede comprender una barrera automática, que se abre sólo si resulta que una cara viva de un usuario 102 coincide con la imagen registrada del documento de identidad.

50 Será evidente para los expertos en la técnica que el método representado en la figura 4 podría someterse a numerosas variaciones. Por ejemplo, en algunos casos la operación S4 podría saltarse y, por el contrario, podría considerarse superada la prueba sólo si la combinación A y/o B de indicadores de vida resulta verdadera. Además, las puntuaciones calculadas en la operación S4 podrían calcularse de manera diferente. Por ejemplo, en vez de usar un resultado "VERDADERO" o "FALSO" de cada uno de los indicadores de vida probados en las operaciones S3A a S3E, podrían sumarse las puntuaciones de parámetros calculadas para cada indicador de vida "VERDADERO", por ejemplo después de su normalización.

Una ventaja de las realizaciones descritas en el presente documento es que, al determinar que una cara es una cara viva delante de una cámara basándose en la presencia de una combinación de indicadores de vida en las imágenes, puede lograrse una alta tasa de éxito, con unos pocos falsos positivos y falsos negativos. Además, un algoritmo de

esta clase puede evaluarse particularmente de manera rápida, garantizando un tiempo rápido de respuesta del dispositivo de verificación de vida. Esto es importante dado que un objetivo de tales sistemas es generalmente verificar la identidad en un tiempo tan rápido como sea posible para evitar largas colas de usuarios que desean verificar sus documentos de identidad.

5 Aunque se ha descrito un número de realizaciones particulares, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden aplicar numerosas modificaciones.

Por ejemplo, será evidente para los expertos en la técnica que el método descrito en el presente documento podría implementarse totalmente en software, totalmente en hardware, o mediante una combinación de software y hardware.

10 Además, aunque se han descrito dos ejemplos ventajosos de las combinaciones A y B de indicadores de vida, será evidente para los expertos en la técnica que podrían evaluarse combinaciones alternativas de indicadores de vida, y/o podría evaluarse solamente una u otra de las combinaciones A y B para determinar la presencia de una cara viva.

15 Además, será evidente para los expertos en la técnica que las diversas características de las realizaciones descritas en el presente documento podrían combinarse según cualquier combinación.

La figura 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo para determinar un cálculo de puntuación de vida. Por motivos de conveniencia, el método 500 se describe con referencia a un sistema para uno o más ordenadores que ejecutan los pasos del método. El sistema puede ser, por ejemplo, el sistema 200 descrito anteriormente con referencia a la figura 2.

20 El sistema genera imágenes de una cara usando un aparato de procesamiento de imágenes (por ejemplo, una cámara de vídeo) (510). El aparato de procesamiento de imágenes puede usarse para capturar dos o más imágenes de una cara posicionada delante del aparato. En algunas implementaciones, el número de imágenes capturadas se ajusta basándose en la calidad de cada imagen capturada. Por ejemplo, pueden capturarse imágenes adicionales si la calidad de una imagen dificulta analizar características faciales en la imagen.

25 El sistema genera un valor de comparación para una o más características faciales de la cara midiendo un atributo de las características faciales en dos o más imágenes (520). La medición de características faciales puede lograrse usando diversas técnicas de detección facial (por ejemplo, técnicas de detección de la distancia entre los ojos, técnicas de detección de proporción facial, técnica para medir variaciones de la abertura bucal, técnicas para medir cambios en la mirada de los ojos, y técnicas para medir el parpadeo de los ojos). Además, en algunas implementaciones, las mediciones de dos o más características faciales se realizan en paralelo.

30 En algunas implementaciones, el atributo medido se basa en una distancia entre las pupilas de los ojos, en donde se mide la distancia entre las pupilas de los ojos. La desviación estándar de las distancias medidas puede usarse para determinar un valor de comparación de la distancia entre los ojos. Por ejemplo, variaciones relativamente altas de la distancia entre los ojos pueden indicar que se está doblando una representación (por ejemplo, una foto) de una cara delante del aparato de procesamiento de imagen para ofrecer la ilusión de que una cara viva real está posicionada delante del aparato de procesamiento de imagen.

35 En algunas otras implementaciones, el atributo medido se basa en proporciones de una cara, en donde se mide el contorno de la cara para proporcionar una anchura y una altura de la cara en toda una secuencia de imágenes. En particular, se determina una relación de anchura a altura para cada imagen y se genera un valor de comparación de proporción facial correspondiente basándose en una desviación estándar de estas relaciones. Por ejemplo, las proporciones faciales que varían significativamente en una secuencia de imágenes pueden indicar que la cara de la secuencia de imágenes no representa una cara viva real posicionada delante del aparato de procesamiento de imágenes.

40 En algunas implementaciones alternativas, el atributo medido se basa en una abertura de la boca. En particular, el sistema mide variaciones en la separación de los labios en toda una secuencia de imágenes. La desviación estándar de estas variaciones puede usarse para generar un valor de comparación de la abertura de la boca. Por ejemplo, las imágenes en las que el movimiento de la boca es limitado pueden indicar que la cara presentada al aparato de procesamiento de imágenes no representa una cara viva real.

45 En algunas otras implementaciones, el atributo medido se basa en la mirada de los ojos. Cada dirección de mirada de los ojos puede medirse independientemente para cada ojo, para cada imagen, de tal manera que pueden medirse variaciones en la mirada para un ojo particular en todas las imágenes. Una fórmula matemática de ejemplo para generar un valor de comparación de mirada de los ojos:

$$S_{EG} = \sqrt{[\sigma(EgR_1, EgR_N)^2 - \sigma(EgL_1, EgL_N)^2]}$$

en donde: $\sigma(x_1, x_N)$ es la desviación estándar del rango de valores de x_1 a x_N , en donde EgL_1 y EgL_N representan mediciones para el ojo izquierdo en una secuencia de N imágenes, y en donde los valores EgR_1 y EgR_N representan mediciones para el ojo derecho en una secuencia de N imágenes, y en donde S_{EG} representa el valor de mirada de los ojos.

5 La fórmula matemática anterior puede usarse para identificar casos en los que la mirada de los ojos permanece rígida, lo cual puede indicar que se ha colocado una representación (por ejemplo, una fotografía) delante del aparato de procesamiento de imágenes y que se la está doblando para simular una cara viva real.

En algunas implementaciones alternativas, el atributo medido se basa en el número de veces que parpadean los ojos. El parpadeo de los ojos puede medirse usando una secuencia de imágenes, en donde la medición refleja la extensión con la que se abre cada ojo basándose en las posiciones de los párpados superior e inferior, para cada ojo respectivo. Una fórmula matemática de ejemplo para generar un valor de comparación de parpadeo es:

$$S_{EE} = \sum_{k=1}^N [IfCount(EoR_k > y, 1, 0) + IfCount(EoL_k > y, 1, 0)]$$

15 en donde $IfCount(x, 1, 0)$ es una función que tiene un valor 1 si x es verdadera y un valor 0 si x es falsa, en donde y es un valor umbral por encima del cual los ojos se consideran abiertos, en donde EoL_1 y EoL_N reflejan la extensión con la que está abierto el ojo izquierdo en una secuencia de N imágenes, y en donde los valores EoR_1 y EoR_N reflejan la extensión con la que ojo derecho está abierto en una secuencia de N imágenes.

La fórmula matemática anterior puede usarse para identificar casos en los que los ojos en una secuencia de imágenes permanezcan constantes. Los ojos que permanecen constantes en toda una secuencia de imágenes pueden indicar que se ha colocado una representación (por ejemplo, una fotografía) delante del aparato de procesamiento de imágenes.

20 El sistema compara los valores de comparación generados por las una o más características faciales con un valor umbral predeterminado (530). En algunas implementaciones, el valor de comparación se usa para determinar si una cara en una secuencia de imágenes es una representación (por ejemplo, una fotografía) de una cara. En algunas otras implementaciones, el valor de comparación se usa para determinar si una cara en una secuencia de imágenes es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara. En particular, el valor umbral predeterminado puede proporcionar un rango esperado dentro del cual debe estar incluido el valor de comparación para una característica facial. En algunas implementaciones, se puede predeterminar un valor umbral para cada característica facial, en donde los valores de comparación para cada característica facial se miden contra un valor umbral correspondiente para esa característica facial. Por ejemplo, un valor de comparación de distancia entre los ojos generado puede compararse con un valor umbral de distancia entre los ojos, mientras que un valor de comparación de parpadeo de los ojos generado puede compararse con un valor umbral de parpadeo de los ojos. A este respecto, el uso de umbrales individuales correspondientes a características faciales particulares puede permitir una mayor precisión en el análisis de la secuencia de imágenes. En algunos casos, pueden especificarse unos valores umbrales que representen unos límites superior e inferior para una característica facial. En algunas otras implementaciones pueden generarse valores umbrales para características faciales usando técnicas de inteligencia artificial, en donde un clasificador es entrenado usando una serie de imágenes faciales para determinar valores umbrales óptimos que puedan ser optimizados, por ejemplo, para detectar si una cara en una secuencia de imágenes es una representación, o si una cara en una secuencia de imágenes es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara.

El sistema asigna opcionalmente pesos a valores de comparación para una o más características faciales (540). En algunas implementaciones, el sistema puede asignar pesos a valores de comparación basándose en cómo se clasifica un valor de comparación con respecto a un valor umbral correspondiente, en donde se usan los pesos para determinar una puntuación global. Por ejemplo, un valor de comparación de la abertura bucal de 77 con respecto a un valor umbral de la abertura bucal de 50 puede indicar que la abertura de la boca varía considerablemente en toda la secuencia de imágenes. En este caso, el valor de comparación de la abertura bucal sirve como un fuerte indicador de movimiento facial y, por tanto, se le asigna un peso en el cálculo de la puntuación total. Por el contrario, un valor de comparación de la abertura bucal de 22 con respecto a un valor umbral de la abertura bucal de 50 puede indicar que la abertura de la boca no varía en toda la secuencia de imágenes y, por tanto, no debe asignársele un peso en el cálculo de puntuación global. La asignación de pesos a características faciales consideradas como indicadores fuertes de características faciales vivas puede usarse para aumentar la precisión del análisis facial. En particular, las características faciales ponderadas se usan para determinar una puntuación global, en donde la puntuación global se compara con un umbral para determinar, por ejemplo, si una cara en una secuencia de imágenes es una representación de una cara o una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara. En algunas otras implementaciones, la ponderación de características faciales se realiza para garantizar que se da igual importancia a los valores de comparación de cada característica facial (por ejemplo, normalizando cada uno de los valores de comparación según una escala de entre 1 y 100).

El sistema determina opcionalmente pesos de combinación para dos o más características faciales (550). En algunas implementaciones puede asignarse un peso de combinación a la puntuación global computada en la operación 540 para aumentar la precisión. Pueden especificarse por adelantado combinaciones de características faciales y pesos de combinación correspondientes que sean particularmente relevantes en el análisis facial. En algunas implementaciones, las combinaciones y los pesos de combinación correspondientes se determinan usando técnicas de inteligencia artificial, en donde un clasificador es entrenado usando una serie de imágenes faciales para determinar combinaciones y pesos de combinación correspondientes óptimos, en donde las combinaciones y pesos de combinación correspondientes se optimizan, por ejemplo, para detectar si una cara en una secuencia de imágenes es una representación o si una cara en una secuencia de imágenes es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara. Puede asignarse un peso de combinación para una combinación dada de características basándose en cómo se clasifican unos valores de comparación para características de esa combinación con respecto a valores umbrales correspondientes para esas características. Por ejemplo, para una combinación que consista en la proporción facial y el parpadeo de los ojos, en un caso en el que el valor de proporción facial y el valor de parpadeo de los ojos satisfagan ambos sus umbrales correspondientes, puede asignarse un peso de combinación correspondiente a la puntuación global. Por el contrario, no se asigna un peso de combinación si alguna de las características faciales de una combinación no satisfacen sus umbrales correspondientes.

El sistema determina si una cara de una secuencia de imágenes es una representación o si una cara de una secuencia de imágenes es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara (560). En particular, el sistema usa los resultados de la comparación de la operación 530 entre los valores de comparación para una o más características faciales y los valores umbrales predeterminados correspondientes para averiguar si una cara de una secuencia de imágenes es una representación o si una cara de una secuencia de imágenes es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara. En algunas implementaciones, el sistema usa la puntuación global computada en las operaciones 540 y 550 para determinar si una cara de una secuencia de imágenes es una representación o si una cara de una secuencia de imágenes es una cara de una persona realmente posicionada delante de la cámara

Las realizaciones de la materia objeto y las operaciones descritas en esta memoria pueden implementarse en circuitería electrónica digital, o en software, firmware o hardware de ordenador, incluyendo las estructuras reveladas en esta memoria y sus equivalentes estructurales, o en combinaciones de una o más de ellas. Las realizaciones de la materia objeto descrita en esta memoria pueden implementarse como uno o más programas de ordenador, es decir, uno o más módulos de instrucciones de programa de ordenador, codificadas en un medio de almacenamiento de ordenador para su ejecución por un aparato de procesamiento de datos, o para controlar el funcionamiento del mismo. Alternativamente, o además, las instrucciones de programa pueden codificarse en una señal propagada generada artificialmente, por ejemplo una señal eléctrica, óptica o electromagnética generada por una máquina, que se genere para codificar información para su transmisión a un aparato receptor adecuado para su ejecución por un aparato de procesamiento de datos. Un medio de almacenamiento de ordenador puede ser, o puede estar incluido en, un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador, un sustrato de almacenamiento legible por ordenador, una formación o dispositivo de memoria de acceso aleatorio o en serie, o una combinación de uno o más de ellos. Además, aunque un medio de almacenamiento de ordenador no es una señal propagada, un medio de almacenamiento de ordenador puede ser una fuente o destino de instrucciones de programa de ordenador codificadas en una señal propagada generada artificialmente. El medio de almacenamiento de ordenador también puede ser, o estar incluido en, uno o más componentes o medios físicos independientes (por ejemplo, CDs múltiples, discos u otros dispositivos de almacenamiento).

Las operaciones descritas en esta memoria pueden implementarse como operaciones realizadas por aparatos de procesamiento de datos sobre datos almacenados en uno o más dispositivos de almacenamiento legibles por ordenador, o recibidos desde otras fuentes.

El término "aparato de procesamiento de datos" abarca todas las clases de aparatos, dispositivos y máquinas para procesar datos, incluyendo a modo de ejemplo un procesador programable, un ordenador, un sistema en un chip o en varios de ellos, o combinaciones de los mismos. El aparato puede incluir una circuitería lógica de usos especiales, por ejemplo una FPGA (formación de puertas programables en campo) o un ASIC (circuito integrado de aplicaciones específicas). El aparato también puede incluir, además del hardware, un código que cree un ambiente de ejecución para el programa de ordenador en cuestión, por ejemplo, un código que constituya el firmware del procesador, una pila de protocolos, un sistema de gestión de base de datos, un sistema operativo, un entorno de runtime de plataforma cruzada, una máquina virtual o una combinación de uno o más de ellos. El entorno de aparato y ejecución puede materializar diversas infraestructuras de modelo de computación diferentes, tales como servicios web, e infraestructuras de computación distribuida y computación en rejilla.

Puede escribirse un programa de ordenador (también conocido como programa, software, aplicación de software, script o código) en cualquier forma de lenguaje de programación, incluyendo lenguajes compilados o interpretados, lenguajes declarativos o procedimentales, y éste puede desplegarse en cualquier forma, incluyendo un programa en solitario, o como un módulo, componente, subrutina, objeto u otra unidad adecuada para su uso en un entorno de computación. Un programa de ordenador puede, pero no es necesario, corresponderse con un archivo de un sistema de archivos. Un programa puede almacenarse en una porción de un archivo que albergue otros programas

o datos (por ejemplo, uno o más scripts almacenados en un documento de lenguaje de intercambio), en un solo archivo dedicado al programa en cuestión, o en archivos coordinados múltiples (por ejemplo, archivos que almacenan uno o más módulos, subprogramas, o porciones de código). Puede desplegarse un programa de ordenador para ser ejecutado en un ordenador o en múltiples ordenadores que estén situados en un lugar o distribuidos en lugares múltiples e interconectados por una red de comunicaciones.

Los procesos y flujos lógicos descritos en esta memoria pueden ejecutarse por uno más procesadores programables que ejecuten uno o más programas de ordenador para realizar acciones operando datos de entrada y generando una salida. Los procesos y flujos lógicos pueden realizarse también por una circuitería lógica de usos especiales y un aparato también puede implementarse como una circuitería de esta clase, por ejemplo una FPGA (formación de puertas programables en campo) o un ASIC (circuito integrado de aplicaciones especiales).

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa de ordenador incluyen, a modo de ejemplo, microprocesadores de uso tanto general como especial, y uno cualquiera o más procesadores de cualquier clase de ordenador digital. Generalmente, un procesador recibirá instrucciones y datos de una memoria sólo de lectura, o de una memoria de acceso aleatorio o de ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para ejecutar acciones según unas instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. Generalmente, un ordenador también incluirá uno o más dispositivos de almacenamiento en masa para almacenar datos, por ejemplo discos magnéticos, magnetoópticos u ópticos, o estará acoplado operativamente con éstos para recibir datos de ellos o para transferir datos a ellos, o para ambas cosas. Sin embargo, un ordenador no necesita tener tales dispositivos. Además, un ordenador puede embutirse en otro dispositivos, por ejemplo un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), un reproductor de audio o vídeo móvil, una consola de juegos, un receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), o un dispositivo de almacenamiento portátil (por ejemplo, una memoria flash de un bus en serie universal (USB)), por nombrar sólo unos pocos. Dispositivos adecuados para almacenar instrucciones y datos de programa de ordenador incluyen todas las formas de memoria no volátil, medios y dispositivos de memoria, incluyendo, a modo de ejemplo, dispositivos de memoria de semiconductor, por ejemplo, EPROM, EEPROM, y dispositivos de memoria flash; discos magnéticos, por ejemplo discos duros internos o discos retirables; discos magneto-ópticos; y discos CD-ROM y DVD-ROM. El procesador y la memoria pueden ser suplementados por una circuitería lógica de usos especiales o incorporados en ésta.

Para proporcionar interacción con un usuario, pueden implementarse realizaciones de la materia objeto descrita en esta memoria en un ordenador que tenga un dispositivo de presentación, por ejemplo un monitor de CRT (tubo de rayos catódicos) o LCD (pantalla de cristal líquido), para presentar información al usuario, y un teclado y un dispositivo de apuntamiento, por ejemplo un ratón o un trackball, mediante los cuales el usuario puede proporcionar entradas al ordenador. Pueden usarse también otros tipos de dispositivos para proporcionar interacción con un usuario; por ejemplo, la realimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de realimentación sensorial, por ejemplo realimentación visual, realimentación auditiva o realimentación táctil; y una entrada del usuario puede recibirse de cualquier forma, incluyendo una entrada acústica, discursiva o táctil. Además, un ordenador puede interactuar con un usuario enviando documentos a, y recibiendo documentos de, un dispositivo que se usa por el usuario; por ejemplo, enviando páginas web a un navegador web de un dispositivo cliente del usuario en respuesta a peticiones recibidas desde el navegador web.

Las realizaciones de la materia objeto descrita en esta memoria pueden implementarse en un sistema de computación que incluya un componente de apoyo, por ejemplo como un servidor de datos, o que incluya un componente de middleware, por ejemplo un servidor de aplicaciones, o que incluya un componente de frontend, por ejemplo un ordenador cliente que tiene una interfaz de usuario gráfica o un navegador web mediante el cual un usuario puede interactuar con una implementación de la materia objeto descrita en esta memoria, o cualquier combinación de uno o más de tales componentes de apoyo, middleware o frontend. Los componentes del sistema pueden interconectarse por cualquier forma o medio de comunicación de datos digitales, por ejemplo una red de comunicaciones. Ejemplos de redes de comunicaciones incluyen una red de área local ("LAN") y un red de área extendida ("WAN"), o una inter-red (por ejemplo, internet), y redes par a par (por ejemplo, redes ad hoc para a par).

Puede configurarse un sistema de uno o más ordenadores para ejecutar operaciones o acciones particulares en virtud de contar con un software, firmware, hardware o una combinación de ellos instalados en el sistema que, en funcionamiento hace que el sistema realice las acciones. Pueden configurarse uno o más programas de ordenador para ejecutar acciones u operaciones particulares en virtud de incluir instrucciones que, cuando se ejecutan por el aparato de procesamiento de datos, hacen que el aparato ejecute las acciones.

El sistema de computación puede incluir clientes y servidores. Un cliente y un servidor estará generalmente alejados uno de otro y típicamente interactúan a través de una red de comunicaciones. La relación de cliente y servidor aparece en virtud de programas de ordenador que se ejecutan en los ordenadores respectivos y que tienen una relación cliente-servidor entre ellos. En algunas realizaciones, un servidor transmite datos (por ejemplo, una página HTML) a un dispositivo cliente (por ejemplo, con fines de presentar datos y recibir entradas de un usuario procedentes de un usuario que interactúa con el dispositivo cliente). Los datos generados en el dispositivo cliente (por ejemplo, como resultado de la interacción del usuario) pueden recibirse desde el dispositivo de cliente en el servidor.

5 Aunque esta memoria contiene muchos detalles de implementación específicos, éstos no deben considerarse como limitaciones del alcance de cualesquiera invenciones o de lo que pueda reivindicarse, sino, en vez de ello, como descripciones de características específicas de realizaciones particulares de invenciones particulares. Ciertas características que se describen en esta memoria en el contexto de realizaciones independiente también pueden implementarse, en combinación, en una sola realización. Por el contrario, diversas características que se describen en el contexto de una sola realización también pueden implementarse en realizaciones múltiples por separado, o en cualquier subcombinación adecuada. Además, aunque las características pueden describirse antes como actuando en ciertas combinaciones e incluso pueden ser reivindicadas inicialmente como tales, una o más características de una combinación reivindicada pueden, en algunos casos, ser escindidas de la combinación, y la combinación reivindicada puede dirigirse a una subcombinación o variación de una subcombinación.

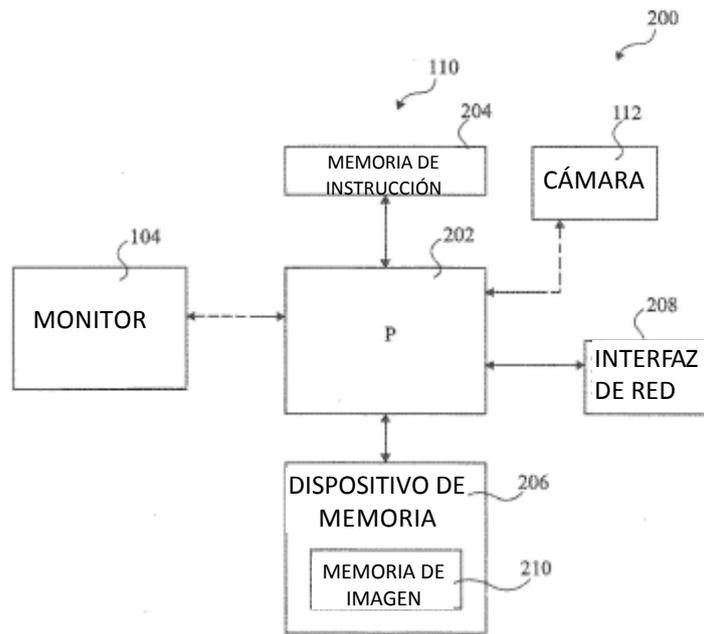
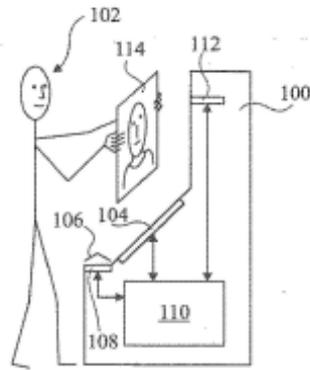
10 Similarmente, aunque las operaciones se representan en los dibujos en un orden particular, esto no debe entenderse como que sea necesario que tales operaciones se ejecuten en el orden particular mostrado, o en un orden secuencial, o que se realicen todas las operaciones ilustradas para lograr resultados deseables. En ciertas circunstancias, pueden ser ventajoso un procesamiento multitarea y en paralelo. Además, la separación de diversos componentes de sistema en las realizaciones antes descritas no debe entenderse como que es necesaria tal separación en todas las realizaciones, y debe entenderse que los componentes de programa y sistemas descritos pueden integrarse general y conjuntamente en un solo producto de software, o empaquetarse en múltiples productos de software.

15 Se han descrito así realizaciones particulares de la materia objeto. Otras realizaciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. En algunos casos, las acciones recitadas en las reivindicaciones pueden realizarse en un orden diferente y aún lograr resultados deseables. Además, los procedimientos representados en las figuras anexas no requieren necesariamente el orden particular mostrado, o un orden secuencial, para lograr resultados deseables. En ciertas implementaciones puede ser ventajoso un procesamiento multitarea y en paralelo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para verificar la presencia de una cara viva delante de una cámara (112), comprendiendo el método:
capturar mediante dicha cámara una secuencia de imágenes de una cara;
detectar una pluralidad de características de dicha cara en cada una de dichas imágenes;
- 5 medir parámetros asociados con dichas características detectadas para determinar si cada uno de una pluralidad de indicadores de vida está presente en dichas imágenes; **caracterizado** por que el método comprende:
determinar una puntuación de parámetros para cada uno de dichos indicadores de vida basándose en dichos parámetros medidos y comparar cada una de dichas puntuaciones de parámetros con al menos un umbral;
- 10 generar una puntuación intermedia basándose en la presencia determinada de cada uno de dichos indicadores de vida;
determinar si dicha cara es o no una cara viva basándose en la presencia en dichas imágenes de una combinación de al menos dos de dichos indicadores de vida, comprendiendo:
ajustar dicha puntuación intermedia si se detecta en dichas imágenes la presencia de dicha combinación de al menos dos indicadores de vida; y
- 15 comparar dicha puntuación ajustada con al menos un valor umbral (TH).
2. El método según la reivindicación 1, en el que la presencia en dichas imágenes de dicha combinación de dichos al menos dos de dichos indicadores de vida se detecta basándose al menos en una medición de la extensión del parpadeo de los ojos en dichas imágenes y en una medición del cambio de las proporciones faciales en dichas imágenes.
- 20 3. El método según la reivindicación 2, en el que la determinación de que dicha cara es una cara viva también se basa en la presencia en dichas imágenes de una combinación de al menos dos indicadores de vida adicionales detectados basándose en al menos una medición de la dirección de la mirada de los ojos en dichas imágenes y en una medición de la extensión de la abertura de la boca en dichas imágenes.
- 25 4. El método según la reivindicación 1, en el que la presencia en dichas imágenes de dicha combinación de dichos al menos dos de dichos indicadores de vida se detecta basándose en una medición de la dirección de la mirada de los ojos en dichas imágenes y en una medición de la extensión de la abertura de la boca en dichas imágenes.
5. Un medio legible por ordenador que almacena un programa de ordenador que, cuando se ejecuta por un procesador, hace que se ejecute el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 30 6. Un dispositivo para verificar la presencia de una cara viva delante de una cámara (112), comprendiendo el dispositivo:
una entrada para recibir una secuencia de imágenes de una cara capturada por dicha cámara;
un procesador (202) configurado para:
detectar una pluralidad de características de dicha cara en cada una de dichas imágenes;
- 35 medir parámetros asociados con dichas características detectadas para determinar si cada uno de una pluralidad de indicadores de vida está presente en dichas imágenes; **caracterizado** por que el procesador está configurado además para:
determinar una puntuación de parámetros para cada uno de dichos indicadores de vida basándose en dichos parámetros medidos y comparar cada una de dichas puntuaciones de parámetros con al menos un umbral;
- 40 generar una puntuación intermedia basándose en la presencia determinada de cada uno de dichos indicadores de vida;
determinar si dicha cara es o no una cara viva basándose en la presencia en dichas imágenes de una combinación de al menos dos de dicha pluralidad de indicadores de vida, comprendiendo:
ajustar dicha puntuación intermedia si se detecta en dichas imágenes la presencia de dicha combinación de al menos dos indicadores de vida; y
- 45 comparar dicha puntuación ajustada con al menos un valor umbral (TH).
7. El dispositivo según la reivindicación 6, en el que dicho dispositivo es un punto de control (100) de documentos.

8. El dispositivo según la reivindicación 6 o 7, que además comprende un elemento (108) de lectura para leer datos biométricos de un pasaporte, comprendiendo dichos datos biométricos una imagen registrada de la cara del titular del pasaporte, y en el que dicho procesador (202) está configurado además para comparar dicha imagen registrada con al menos una de dicha secuencia de imágenes si se determina que dicha cara es una cara viva.



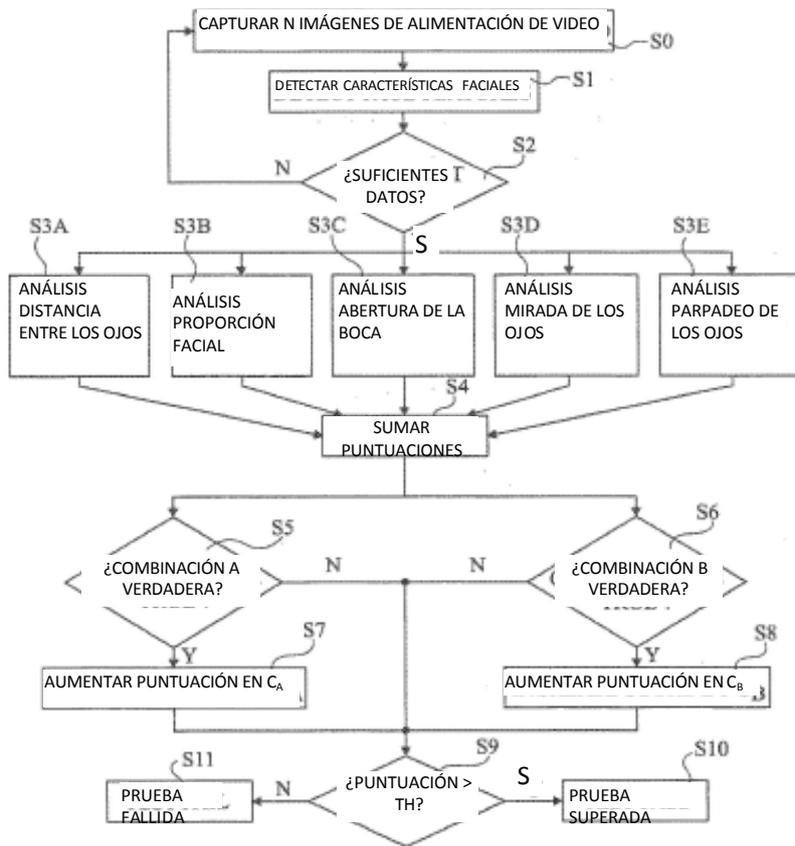
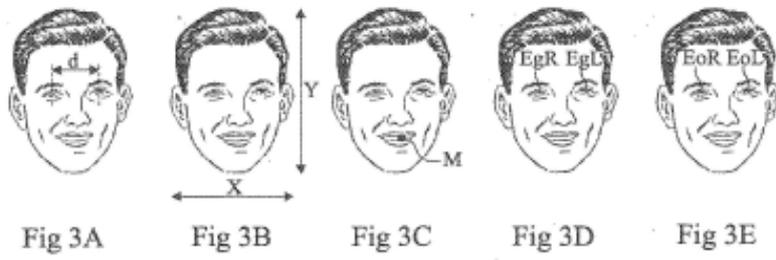


Fig 4

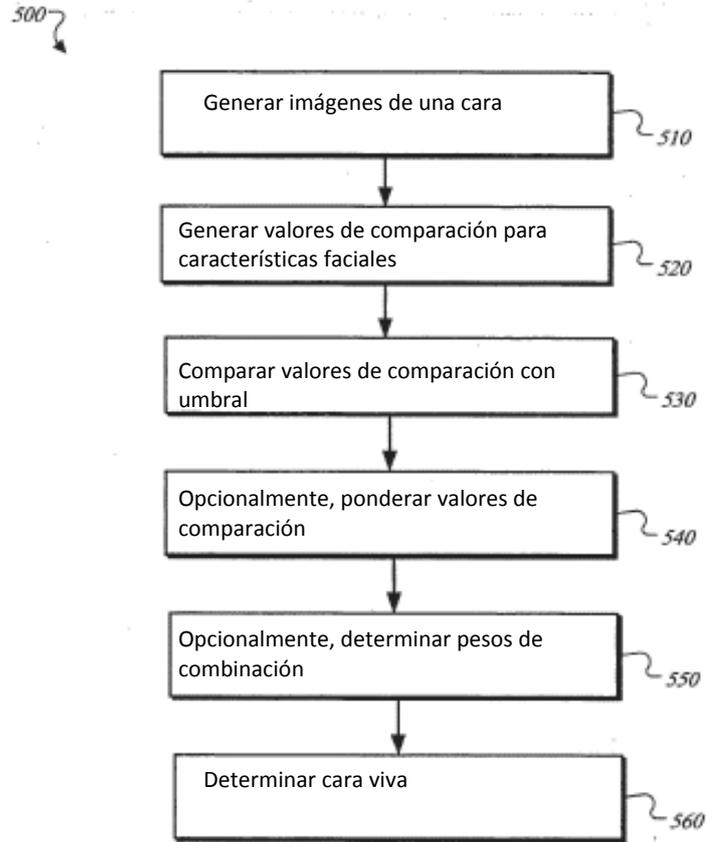


FIG . 5