

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 378**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/113** (2006.01)

**G06K 9/00** (2006.01)

**G06F 3/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2009 E 18155826 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3338621**

54 Título: **Unidad de detección ocular que usa flujo de datos paralelo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.03.2020**

73 Titular/es:

**TOBII AB (100.0%)  
Karlsrovägen 2 D  
182 53 Danderyd, SE**

72 Inventor/es:

**HOLMBERG, JOHNNY**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 746 378 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

Unidad de detección ocular que usa flujo de datos paralelo

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere de manera general a sistemas y métodos para la detección ocular para un uso en, por ejemplo, instalaciones y sistemas para seguir unos ojos y un ángulo/unas direcciones de mirada. Por ejemplo, puede usarse un sistema de este tipo para observar o determinar la posición en un monitor o una pantalla a la que está mirando un usuario de ordenador. Hay varias otras aplicaciones concebibles y tales otras aplicaciones en las que puede usarse la presente invención incluyen, entre otras, sistemas para analizar la respuesta en anuncios o sistemas para predecir la vigilancia de un conductor y predecir la somnolencia y el comienzo de sueño de, por ejemplo, conductores de vehículos. Puede realizarse la presente invención como un sistema de detección ocular incorporado que puede integrarse en un ordenador tal como un ordenador personal (PC) o un portátil. En particular, la presente invención se refiere a sistemas de detección ocular y métodos que ofrecen latencia reducida, consumo de energía reducido y velocidad de fotogramas aumentada en comparación a sistemas existentes y que pueden implementarse en un chip programable, por ejemplo, en una matriz de puertas programables (FPGA), en un microprocesador, o en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), o en una unidad de procesamiento gráfico (GPU).

20 **Antecedentes**

Monitorizar o seguir los movimientos oculares y detectar un punto de mirada de una persona (tal como se usa en el presente documento, el punto en el espacio al que está mirando la persona) puede usarse en muchos contextos distintos. Tales mediciones pueden ser una fuente de información importante en el análisis del comportamiento o la consciencia de la persona. Puede usarse tanto para evaluar el objeto al que la persona está mirando como para evaluar la persona respectiva. Los usos diversos de la detección de punto de mirada incluyen estudios en la facilidad de uso de software y diferente tipos de interfaces; la evaluación de páginas web, la publicidad y los anuncios; la dotación de medios para formar pilotos en entornos de simulador y para entrenar personal de vigilancia en puestos críticos de seguridad; y la investigación en psicología, las ciencias de la conducta y la percepción humana. Un campo que ha atraído un interés creciente en los últimos años es la evaluación de publicidad y otros canales de marketing. Entonces puede recogerse información de seguimiento ocular de un examen de una persona de prueba de observación de publicidad de un producto particular, y se extrae la respuesta de la persona de prueba. Los dispositivos de seguimiento ocular pueden usarse también para recoger información de la respuesta de la persona de observación de la colocación de un artículo particular en una estantería de un escaparate.

Un ámbito importante donde los dispositivos de seguimiento ocular atraen un interés creciente es el de las aplicaciones interactivas que emplean información sobre el lugar al que una persona está mirando con el fin de responder o reaccionar de maneras diferentes. Por ejemplo, implementando un dispositivo de seguimiento ocular en un portátil las posibilidades de interacción entre el usuario y las distintas aplicaciones de software que se ejecutan en el ordenador pueden mejorarse significativamente. Con tal dispositivo de seguimiento ocular implementado, una persona discapacitada físicamente puede por ejemplo interactuar con el ordenador activando objetos visualizados en la pantalla por medio del ojo y la mirada del ojo. Además, en un juego recreativo, puede mejorarse mucho la experiencia de aventura del juego mediante esta técnica, por ejemplo, el usuario puede dirigir un arma usando sólo sus ojos.

También pueden emplearse los sistemas de detección ocular en sistemas diseñados para monitorizar la atención de un operario de máquina o la somnolencia de conductores de un vehículo o una aeronave, o una persona que trabaja en un panel de control tal como un controlador de tráfico aéreo.

Otro ejemplo donde los sistemas de detección ocular pueden ser útiles es en conjunto con un sistema de identificación que emplea técnicas de patrón de iris.

Se ha demostrado que la detección ocular en tiempo real y el seguimiento de mirada ocular es importante para muchas de las aplicaciones comentadas anteriormente. Los sistemas comerciales y de investigación actuales usan implementación de software y requieren un ordenador dedicado para el procesamiento de imágenes (solución grande, costosa y complicada para usar). Además, los sistemas de detección ocular de los ordenadores dedicados actuales son ineficientes en términos de uso de potencia de computación y uso de energía. También hay una necesidad de reducir la latencia y aumentar las velocidades de fotogramas en tales sistemas de detección ocular. Por tanto, se han hecho grandes esfuerzos para desarrollar sistemas más precisos, eficientes energéticamente y compactos. Por ejemplo en el documento US 5.859.686 se da a conocer un sistema y un método para encontrar y seguir la ubicación de un ojo de un sujeto. El sistema incluye un aparato de formación de imágenes que captura imágenes digitalizadas de una cara de un sujeto. Las imágenes se alimentan en una unidad de seguimiento y encuentro ocular que procesa cada imagen para detectar la posición del ojo del sujeto y para seguir estas posiciones oculares a lo largo del tiempo. La unidad de seguimiento y encuentro ocular identifica características dentro del fotograma de imagen que muestra atributos consecuentes con esos asociados con la apariencia de un ojo de un

sujeto y basándose en estas características, una determinación en cuanto a cuáles de las ubicaciones oculares potenciales que es realmente una ubicación ocular. Esto se consigue monitorizando fotogramas de imagen sucesivos para detectar un pestañeo. Si se detecta un pestañeo en una ubicación ocular potencial, se considera como una ubicación ocular real. Por tanto, este sistema y este método procesan una imagen cada vez y maneja aproximadamente 30 fotogramas por segundo y puede tener dificultades para manejar velocidades de fotogramas superiores, o puede requerir una potencia de procesamiento aumentada para manejar velocidades de fotogramas altas, que también pueden dar como resultado un consumo de energía aumentado. Por tanto, este sistema está sometido a un gran cuello de botella asociado con la velocidad de procesamiento de datos. Otro problema que puede encontrarse en el sistema y el método según el documento US 5.859.686 es que las latencias entre la acción de usuario y la respuesta experimentada pueden suceder debido al manejo de fotograma por fotograma de los datos de imagen, lo que es molesto para el usuario. Por tanto, este sistema y este método no satisfacen los requerimientos respecto a la latencia, la eficiencia de computación, el consumo de energía y las velocidades de fotogramas de los usuarios de hoy en día.

En el artículo "An embedded system for an eye-detection sensor" por A. Amir et al., se presenta un sistema de procesamiento de imagen y un método para detección ocular. El sistema usa una FGPA para el procesamiento de imagen. El método para la detección ocular está basado en un esquema de sustracción con dos iluminadores sincronizados. Se capturan dos fotogramas, uno con iluminación sobre eje y el otro con iluminación fuera de eje. Se sustrae la intensidad de iluminación del fotograma fuera de eje de la intensidad del fotograma sobre eje para crear una imagen binaria resultante después de la formación de umbrales. Se usa un algoritmo de componente conectado para detectar pupilas en esta imagen resultante. Este sistema procesa un par de imágenes cada vez, lo que introduce latencias y consume energía adicional. El documento US 2008/231805 A1 da a conocer un sistema de detección ocular que comprende un sensor de imagen, una pluralidad de unidades de detección ocular, y un módulo de generación de datos oculares. Se proporciona otra técnica anterior relevante en los documentos JP 2008 206143 A, US 2006/291702 A1, US 5912980 A, US 6152563 A, JP 2009 089132 A.

Por tanto, existe la necesidad dentro de la técnica de sistemas de detección ocular mejorados para implementación en un ordenador y, en particular, existe una necesidad de tales sistemas de detección ocular que proporcionan una velocidad de fotogramas aumentada, un consumo de energía reducido y una latencia reducida en comparación a los sistemas existentes.

**Sumario de la invención**

La invención está definida en las reivindicaciones independientes. Un objetivo de la presente invención es proporcionar sistemas de detección ocular y métodos que ofrecen una latencia reducida, un consumo de energía reducido y una velocidad de fotogramas aumentada en comparación con los sistemas existentes.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar sistemas de detección ocular y métodos para la implementación en un ordenador tal como un portátil que ofrecen una latencia reducida, un consumo de energía reducido y una velocidad de fotogramas aumentada en comparación con los sistemas existentes.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar sistemas de detección ocular y métodos para la implementación en un ordenador que pueden usarse con componentes estándar del ordenador que incluyen por ejemplo una cámara web.

Aún otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de detección ocular incorporado que puede integrarse en un ordenador tal como un ordenador personal (PC) o un portátil.

Todavía otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de detección ocular que puede implementarse en un chip programable, por ejemplo, en una matriz de puertas programables (FPGA), en un microprocesador, o en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC).

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de detección ocular que puede implementarse en una unidad de procesamiento gráfico (GPU).

Este y otros objetivos de la presente invención se harán evidentes a partir de la memoria descriptiva y las reivindicaciones de manera conjunta con los dibujos adjuntos.

En el contexto de la presente solicitud, el término "subconjunto" se refiere a cantidades de los elementos de imagen de una imagen que oscilan desde una cantidad vacía, es decir cero elementos de imagen, hasta todos los elementos de imagen de la imagen. En un caso normal, el subconjunto puede incluir una o un número de columnas o filas. Además, unos subconjuntos distintos pueden ser adyacentes entre sí, es decir borde con borde, o pueden solaparse entre sí.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de detección ocular que comprende al menos un elemento de iluminador adaptado para emitir luz en una dirección hacia la cabeza de un usuario y al

menos un sensor de imagen estando adaptado para recibir luz de la cabeza iluminada del usuario y capturar imágenes repetidamente, estando cada una representada mediante un fotograma de imagen digital que comprende una matriz de elementos de imagen. Además el sistema incluye una pluralidad de unidades de detección ocular conectada al sensor de imagen, estando las unidades de detección ocular adaptadas para recibir zonas de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital sustancialmente en paralelo y en el que las unidades de detección ocular están adaptadas para funcionar sustancialmente en paralelo, estando cada unidad de detección ocular adaptada para recibir una zona específica de los elementos de imagen de al menos un fotograma de imagen digital e incluir un módulo de extracción de características oculares adaptado para realizar un procedimiento de extracción de características oculares en los elementos recibidos de imagen para identificar características oculares predeterminadas, y un módulo de generación de datos oculares conectado a las unidades de detección ocular. El módulo de generación de datos oculares está adaptado para: recibir información de características oculares identificadas potenciales de las unidades de detección ocular, incluyendo la información coordenadas de elementos de imagen para las características oculares identificadas, y la zona recibida de elementos de imagen, y generar datos oculares basándose en la información de características oculares potenciales, en el que se generan los datos oculares si las características oculares identificadas cumplen condiciones predeterminadas, y transferir datos oculares generados y las zonas recibidas de elementos de imagen a un módulo de procesamiento, y en el que un flujo de datos de los datos oculares y la zona de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital es sustancialmente paralelo.

Pueden controlarse los elementos de iluminador desde una unidad de procesamiento en la que se procesan los datos oculares para, por ejemplo, contar el número de destellos. También puede adaptarse la unidad de procesamiento para controlar el sensor de imagen para remitir, por ejemplo, un subconjunto seleccionado de los elementos de imagen en los que se identificó un ojo en una imagen anterior. Sin embargo, en realizaciones de la presente invención, el sensor de imagen está controlado por el módulo de generación de datos oculares para remitir, por ejemplo, un subconjunto seleccionado de los elementos de imagen en los que se identificó un ojo en una imagen anterior. La unidad de procesamiento puede, por ejemplo, estar integrada en una CPU de un ordenador tal como un PC o un portátil.

En la presente divulgación, también se proporciona un sistema de detección ocular que incluye una pluralidad de unidades de detección ocular conectables a un sensor de imagen, estando las unidades de detección ocular adaptadas para recibir zonas de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital sustancialmente en paralelo y en el que las unidades de detección ocular están adaptadas para funcionar sustancialmente en paralelo, estando cada unidad de detección ocular adaptada para recibir una zona específica de los elementos de imagen de al menos un fotograma de imagen digital e incluyendo un módulo de extracción de características oculares adaptado para realizar un procedimiento de extracción de características oculares en los elementos recibidos de imagen para identificar características oculares predeterminadas, y un módulo de generación de datos oculares conectado a las unidades de detección ocular. El módulo de generación de datos oculares está adaptado para: recibir información de características oculares identificadas potenciales de las unidades de detección ocular, incluyendo la información coordenadas de elementos de imagen para las características oculares identificadas, y la zona recibida de elementos de imagen, y generar datos oculares basándose en la información de características oculares potenciales, en el que los datos oculares están generados si las características oculares identificadas cumplen condiciones predeterminadas, y transferir datos oculares generados y las zonas recibidas de elementos de imagen a un módulo de procesamiento, y en el que un flujo de datos de los datos oculares y la zona de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital es sustancialmente paralelo.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para detectar un ojo que usa un sistema de detección ocular según el primer aspecto de la presente invención. El método comprende las etapas de enviar subconjuntos seleccionados de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital sustancialmente en paralelo de un sensor de imagen a una pluralidad de unidades de detección ocular, realizar procedimientos de extracción de características oculares paralelos en los elementos recibidos de imagen para identificar características oculares predeterminadas en los subconjuntos seleccionados en módulos de extracción de características oculares, enviar información de características oculares identificadas potenciales de las unidades de detección ocular, incluyendo la información coordenadas de elementos de imagen para las características oculares identificadas, y la zona recibida de elementos de imagen a un módulo de generación de datos oculares, y generar datos oculares basándose en la información de características oculares potenciales, en el que los datos oculares están generados si las características oculares identificadas cumplen condiciones predeterminadas, y transferir datos oculares generados y las zonas recibidas de elementos de imagen a un módulo de procesamiento, y en el que un flujo de datos de los datos oculares y la zona de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital es sustancialmente paralelo.

Por tanto la presente invención está basada en la idea de procesar subconjuntos de los elementos de imagen de imagen capturada por medio de un fotosensor en paralelo y sustancialmente de manera simultánea unidades de detección ocular en paralelo. Los subconjuntos pueden solaparse o pueden ser borde con borde y pueden comprender una o más columnas y/o una o más filas. Por tanto, se divide la imagen capturada por el sensor en flujos de datos unidimensionales múltiples, o bien en forma de fila o bien en columna, y se procesa de manera individual cada flujo de datos y en paralelo en unidades de detección ocular respectivas. En la unidad de detección

ocular respectiva, se extraen y las características oculares candidatas, por ejemplo, destellos y/o pupilas (o potenciales) y se remiten al módulo de generación de datos oculares. El procedimiento de extracción de características oculares incluye determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes deben conectarse a un objeto, o una característica ocular potencial, cuya determinación secuencial se realiza por columnas o por filas. El almacenamiento en memoria intermedia temporal de un elemento de imagen identificado en una fila (o columna) se usa para comparar elementos de imagen de una fila presente con elementos de imagen de una fila anterior en la que se han identificado características oculares potenciales para conectar los elementos de imagen en distintas filas (o columnas) para así crear objetos continuos (es decir características oculares potenciales) que se extienden sobre más de una fila y/o una columna en el subconjunto analizado del fotograma de imagen digital. El módulo de generación de datos oculares determina cual de los candidatos (es decir características oculares potenciales que incluyen por ejemplo un ojo o un destello) satisface unas condiciones predeterminadas y por tanto constituye realmente por ejemplo destellos o un ojo. Cuando se ha identificado y verificado una característica ocular (por ejemplo un ojo o un destello), los datos oculares que incluyen por ejemplo coordenadas de elementos de imagen para el ojo identificado o el destello se remiten a una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento puede usar estos datos oculares para determinar, por ejemplo, una dirección de mirada o para contar el número de destellos.

Este concepto inventivo proporciona varias ventajas. Por ejemplo, debido a las unidades de detección ocular que operan en paralelo, en las que cada una procesa sólo un subconjunto de los elementos de imagen, y debido a que los datos oculares se generan y remiten para su procesamiento sólo si se ha identificado un ojo potencial o un destello potencial, puede lograrse una latencia reducida, un consumo de energía reducido y una velocidad de fotogramas aumentada en comparación con los sistemas existentes. Además, pueden implementarse el sistema y el método de la presente invención en, por ejemplo, una GPU de un ordenador tal como un PC o un portátil que ofrece una latencia reducida, un consumo de energía reducido y una velocidad de fotogramas aumentada en comparación con los sistemas existentes. También puede usarse la presente invención con componentes estándar del ordenador que incluyen por ejemplo una cámara web. En particular, puede realizarse el sistema de la presente invención como un sistema de detección ocular incorporado que puede integrarse en un ordenador tal como un portátil. El sistema de detección ocular o las partes o los componentes del sistema de detección ocular según la presente invención, por ejemplo, las unidades de detección ocular y el módulo de generación de datos oculares pueden implementarse en un chip programable, por ejemplo, en una matriz de puertas programables (FPGA), en un microprocesador, o en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) o en una unidad de procesamiento gráfico (GPU).

En una realización de la presente invención, el módulo de generación de datos oculares está adaptado para realimentar información al sensor sobre las posiciones en las que se han encontrado un ojo/unos ojos y/o unos destellos en fotogramas anteriores de imagen para seleccionar la porción de la superficie sensible a la luz del sensor que se va a exponer antes de que se tome cada nueva imagen o que se va usar en cada nueva imagen y controla el sensor de acuerdo con eso. Además, se puede indicar al sensor que remita sólo subconjuntos de una porción de este tipo a las unidades de detección ocular y para el procedimiento de extracción de destello y/o pupila. Si se encuentra el ojo/los ojos de un usuario y/o los destellos en la imagen anterior sólo se usa una pequeña porción de los elementos de imagen de la superficie sensible a la luz del sensor. Así puede reducirse significativamente la generación de energía. Sólo en el caso en el que no se han encontrado ojos o destellos, se remiten los datos de todos los elementos de imagen de la superficie sensible a la luz del sensor a las unidades de detección ocular. Así puede reducirse incluso más la carga de procesamiento y puede mejorarse incluso más la velocidad de muestreo. Alternativamente, o como complemento, puede adaptarse el módulo de generación de datos oculares para realimentar información de amplitud de los valores de intensidad de un ojo/unos ojos detectado(s) o un destello/unos destellos detectados al sensor. Por tanto el módulo de generación de datos oculares usa información de los valores de amplitud de los ojos o los destellos identificados de imágenes anteriores para seleccionar la porción de la superficie sensible a la luz del sensor que se va a exponer antes de que se tome o se use cada nueva imagen en cada nueva imagen y controla el sensor de acuerdo con eso. Por ejemplo, puede establecerse un umbral de amplitud tal que sólo se seleccionan las zonas que incluyen elementos de imagen que tienen un valor de intensidad sobre un umbral de amplitud predeterminado para una exposición antes de que se tome o se use una nueva imagen en una nueva imagen. En otro ejemplo, los umbrales de amplitud, por ejemplo un intervalo de amplitud definido por límites de amplitud superiores e inferiores, están establecidos tal que sólo se seleccionan zonas que incluyen elementos de imagen que tienen un valor de intensidad dentro de un intervalo de amplitud predeterminado para una exposición antes de que se tome o se use una nueva imagen en una nueva imagen.

Como el experto en la técnica sabe, las etapas de los métodos según la presente invención, así como las realizaciones preferidas de los mismos, son adecuadas para realizar como un programa de ordenador o como un medio legible de ordenador.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de y se esclarecerán en referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento. Todos los términos usados en el presente documento se interpretarán según su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente de otra manera en el presente documento.

**Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones de la presente invención se describirán en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 la figura 1 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo a modo de ejemplo en el que puede implementarse la presente invención;
- la figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema de detección ocular según una realización de la presente invención;
- 10 la figura 3 muestra esquemáticamente una realización de un módulo de extracción de destello según una realización de la presente invención;
- la figura 4 ilustra ejemplos del procedimiento de manejo de elemento de imagen en el módulo de extracción de destello;
- 15 la figura 5 muestra esquemáticamente una parte del módulo de extracción de destello según una realización de la presente invención;
- la figura 6 ilustra ejemplos del procedimiento de manejo de elemento de imagen en el módulo de extracción de destello;
- 20 la figura 7 muestra una realización de un módulo de extracción de pupila según una realización de la presente invención; y
- 25 la figura 8 muestra las etapas generales del método de detección ocular según la presente invención.

**Descripción detallada de realizaciones de la invención**

30 La presente invención se refiere a sistemas y métodos de detección ocular. Las realizaciones dadas a conocer en el presente documento son meramente a modo de ejemplo o representativas de la presente invención. La presente invención no se limitará a las divulgaciones específicas presentadas en el presente documento.

En referencia en primer lugar a las figuras 1 y 2, se comentará un sistema de detección ocular según la presente invención implementado en un ordenador. El sistema es, por ejemplo, capaz de determinar el punto en un monitor o una pantalla a la que el usuario de ordenador está viendo/mirando. La determinación del punto en un monitor o una pantalla a la que el usuario de ordenador está viendo/mirando se realiza siguiendo los ojos del usuario y en particular determinando los ángulos de mirada de los ojos y la posición del ojo en relación al monitor. Sin embargo, los algoritmos para el seguimiento de los ojos y para la determinación de los ángulos de mirada no es parte de la presente invención y no se describirá en detalle en el presente documento. El sistema 5 de detección ocular se implementa en esta realización en un ordenador tal como un portátil, o un ordenador personal (PC). El sistema 5 de detección ocular según la presente invención, o las partes o los componentes del sistema, por ejemplo, las unidades de detección ocular y el módulo de generación de datos oculares pueden implementarse en un chip programable, por ejemplo, en una matriz de puertas programables (FPGA), en un microprocesador o una CPU del ordenador, o en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) o en la unidad de procesamiento gráfico (GPU) del ordenador o en un sensor de semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS).

La figura 1 muestra un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de este tipo a modo de ejemplo en el que puede implementarse la presente invención. El dispositivo 1 puede incluir una memoria 2, una unidad 3 de procesamiento central (CPU), una unidad 4 de procesamiento gráfico (GPU), un sistema 5 de detección ocular según la invención, unos dispositivos 6 de entrada/salida, una pantalla 7 de visualización. Además, el dispositivo 1 incluye también una interfaz 12 de comunicaciones, esta puede ser por ejemplo RS-232, un bus serie universal (USB) o una red de control por áreas (CAN). La memoria 2 puede incluir una memoria estática, tal como una memoria de sólo lectura (ROM), y/o una memoria dinámica, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), un vídeo RAM, o una memoria caché interna, para almacenar datos e instrucciones legibles por una máquina. La memoria 2 puede incluir también dispositivos de almacenamiento tales como un disco flexible, un CD ROM, un disco de lectura/escritura (R/W) CD, y/o una memoria flash así como otros tipos de dispositivos de almacenamiento.

La CPU puede incluir uno o más procesadores, microprocesadores, y/o lógica de procesamiento capaz de controlar el dispositivo 1. La GPU 4 puede incluir un dispositivo de reproducción de gráficos, tal como una tarjeta gráfica dedicada y/o un procesador gráfico integrado que puede usar una porción de la memoria 2. La GPU puede realizar computación, manipulación y visualización de gráficos y puede, por ejemplo, controlar el brillo, la resolución, y las frecuencias de actualización de la pantalla 7 de visualización. Los dispositivos 6 de entrada/salida pueden incluir una impresora, un teclado, un ratón, un altavoz, una cámara digital, unos diodos que emiten luz, etc.

65 El sistema 5 de detección ocular puede usar el dispositivo 6 de entrada/salida, por ejemplo, para emitir luz NIR hacia la cabeza de un usuario y capturar imágenes de la cabeza del usuario. Como alternativa, el sistema 5 de detección

ocular puede incluir al menos un elemento de iluminador y un fotosensor o una cámara digital. El sistema de detección ocular puede usar la CPU o la GPU para la extracción de características y el procesamiento de imagen. Especialmente la GPU es adecuada para un procesamiento paralelo debido a los numerosos núcleos de procesamiento.

5 En referencia ahora a la figura 2, se describirá el sistema 5 de detección ocular según la presente invención.

Al menos un elemento de iluminador o una fuente 10 de luz, por ejemplo un diodo NIR, está adaptado para emitir luz 8 en una dirección hacia la cabeza 9 de un usuario y está montado, por ejemplo, en el borde superior del monitor. En esta realización, el elemento 10 de iluminador está incluido en el sistema pero también es concebible usar  
10 componentes existentes del ordenador, por ejemplo, un diodo NIR. Una unidad de control del sistema puede controlar la conmutación del diodo NIR entre encendido y apagado.

Además, al menos un fotosensor 11 proporcionado con un sistema óptico (no mostrado) puede, por ejemplo, montarse en el centro del borde inferior del monitor. El sistema óptico puede ubicarse en frente del fotosensor para filtrar luz indeseada y para enfocar una imagen en la superficie sensible a la luz del fotosensor 11. El fotosensor 11 recibe luz de la cabeza iluminada de un usuario y captura de manera repetida imágenes, en las que cada imagen se representa mediante un fotograma de imagen digital que comprende una matriz de elementos de imagen o elementos de pixel. Por tanto, se producen los fotogramas digitales de imagen que incluyen la cara y los ojos del usuario. Cada fotograma digital comprende una serie de valores de pixel o elementos de imagen que representan la  
15 intensidad de luz de la cara iluminada del usuario. Estos valores de pixel que representan la intensidad recibida están ubicados en la serie especificada por las coordenadas x e y. Según esta invención, se remiten los bloques o el subconjunto de los elementos de imagen en flujos de datos paralelos al procedimiento de encuentro ocular, tal como se describirá a continuación en el presente documento. Cada subconjunto puede contener una fila, una columna, un número de filas, o un número de columnas. Además, las filas o las columnas de subconjuntos adyacentes pueden solaparse tal que la misma fila o columna (o filas o columnas) se remitan para procesarse en más de un flujo de  
20 datos paralelos o pueden ser borde con borde.

Si se usa más de un elemento de iluminador, pueden ubicarse tal que al menos un elemento de iluminador está dispuesto cerca de o de manera coaxial a un eje óptico del fotosensor 11. Otros elementos 10 de iluminador están dispuestos a una distancia mayor del eje óptico. Iluminando los elementos 10 ubicados cerca de o de manera coaxial al eje óptico del fotosensor 11, puede provocarse un efecto ocular de brillo observable fácilmente de la pupila o las pupilas mientras la iluminación del otro iluminador/de otros iluminadores 10 provoca reflejos de la cornea sin provocar ningún efecto ocular de brillo observable fácilmente. En una imagen capturada con efecto ocular de brillo, se ilumina la pupila y el reflejo del elemento 10 de iluminador de la cornea se ve como un reflejo con forma de punto. Además, hay un gran contraste entre los campos de imágenes que se corresponden a la pupila y el iris y por tanto puede calcularse la línea de contorno entre estos dos campos con gran precisión. En la determinación del centro, se puede usar una adaptación de una elipse a la línea de contorno, lo que es particularmente importante en el caso en el que la pupila es sólo parcialmente visible en la imagen. La determinación de un vector del centro del reflejo del elemento 10 de iluminador y el centro de la pupila puede usarse para determinar la dirección de la mirada. En  
30 imágenes obtenidas por medio de los iluminadores 10 dispuestos a una mayor distancia del sensor, habrá un contraste relativamente bajo entre los campos de imágenes que se corresponden con las distintas porciones del ojo. Sin embargo, en estas imágenes, los reflejos directos de los elementos de iluminador se manifiestan de manera muy clara. Pueden determinarse y evaluarse las posiciones y las distancias entre los distintos reflejos para determinar la distancia del ojo desde el sensor.  
35

El sistema 5 comprende además una pluralidad de unidades 14 de detección ocular conectadas al fotosensor en paralelo. Pueden disponerse uno o varios buses 19 de datos para transferir datos de elementos de imagen del sensor 11 de imagen a las unidades 14 de detección ocular.

En la figura 2, sólo se muestran dos unidades 14 y 14b de detección ocular, pero, sin embargo, el número de unidades 14, 14b de detección ocular, puede variar dependiendo de, por ejemplo, la aplicación específica y los requerimientos con respecto a la latencia, el consumo de energía, etc. Cada unidad 14a, 14b de detección ocular está adaptada para recibir al menos un subconjunto de los elementos de imagen de un fotograma de imagen digital del sensor 11, cuyo subconjunto tal como se mencionó anteriormente puede ser una parte unidimensional de los  
40 elementos de imagen por ejemplo una fila o una columna. Los subconjuntos también pueden solaparse entre sí.  
45

Cada unidad 14a, 14b de detección ocular incluye un módulo 15 de extracción de características oculares adaptado para realizar un procedimiento de extracción de características oculares en los elementos recibidos de imagen para identificar elementos de imagen que incluyen características oculares predeterminadas tales como una parte de un destello, una porción del iris o una parte de una pupila. Dicho de otro modo, el módulo 15 de extracción de características oculares detecta o identifica zonas de elementos de imagen de diferencia significativa en los subconjuntos recibidos de los fotogramas digitales de imagen. El módulo 15 de extracción de características oculares está adaptado para procesar cada valor de intensidad de los elementos de imagen de un subconjunto de elementos de imagen recibido, determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto de elementos de imagen están correlacionados comparando el valor de intensidad procesado de los elementos de imagen, en los que se determina que los elementos de imagen están  
50  
55  
60  
65

correlacionados si el valor de intensidad procesado respectivo cumple unas condiciones predeterminadas. Además, el módulo 15 de extracción de características oculares está adaptado para determinar si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados con elementos de una fila anterior o una columna, respectivamente, conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos, y determinar que tales subzonas incluyen características oculares potenciales. Este procedimiento se describirá en más detalle a continuación.

En una realización, el módulo 15 de extracción de características oculares comprende un módulo 16 de extracción de destello y un módulo 17 de extracción de pupila.

El módulo 16 de extracción de destello está adaptado para realizar un procedimiento de extracción de destello en los elementos recibidos de imagen para identificar elementos de imagen que incluyen al menos una parte de un destello potencial de un ojo del usuario. Un destello es un objeto brillante pequeño y el borde del destello está habitualmente inclinado, lo que implica que la detección de borde es un método adecuado para identificar un destello. El módulo de extracción de destello está adaptado para realizar cálculos de borde para determinar valores de borde de los elementos de imagen respectivos de un subconjunto recibido de elementos de imagen. Además, se determina de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto de elementos de imagen están correlacionados comparando el valor de borde respectivo, en el que se determina que los elementos de imagen están correlacionados si el valor de borde es el mismo, y se determina si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados también con elementos de una fila anterior o una columna, respectivamente. Además, el módulo 16 de extracción de destello está adaptado para conectarse a tales elementos correlacionados en subzonas de elementos y para determinar que tales subzonas son un destello potencial. Se describirá en más detalle a continuación el procedimiento de extracción de destello en referencia a las figuras 3 - 6.

El módulo 17 de extracción de pupila está adaptado para realizar un procedimiento de extracción de zona de pupila en los elementos recibidos de imagen para identificar elementos de imagen que incluyen al menos una parte de una zona de pupila potencial de un ojo del usuario. En una realización de la presente invención, se determina que un elemento de imagen que tiene un valor de intensidad dentro de un intervalo predeterminado de valores es parte de una pupila potencial. Específicamente, el módulo de extracción de pupila está adaptado para determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto recibido de elementos de imagen están correlacionados comparando el valor de intensidad respectivo, en el que se determinan que dos elementos están correlacionados si los valores de intensidad están dentro de un intervalo predeterminado (en una realización si los valores de intensidad son los mismos). Además, el módulo 17 de extracción de pupila está adaptado para determinar si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados con elementos de una fila o una columna anteriores, respectivamente, conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos, y para determinar que tales subzonas son al menos una pupila potencial. Se describirá en más detalle a continuación el procedimiento de extracción de pupila en referencia a la figura 7.

Un módulo 18 de generación de datos oculares está conectado al módulo 16 de extracción de destello y/o el módulo 17 de extracción de pupila y está adaptado para generar datos oculares usando unas pupilas y/o unos destellos potenciales identificados, en el que se generan los datos oculares si las características oculares identificadas cumplen unas condiciones predeterminadas. En una realización, el módulo 18 de generación de datos oculares está adaptado para asignar subzonas que se han determinado que son al menos una parte de una pupila potencial y unas subzonas determinadas para ser un destello potencial para establecer si hay un solape o una relación cercana en distancia, y si un solape de este tipo o una relación cercana en distancia está establecida entre al menos una parte de una pupila potencial y al menos un destello, para determinar que las subzonas que incluyen la al menos una parte de una pupila potencial y el al menos un destello constituyen un ojo. Por tanto, sólo cuando se ha identificado un ojo entre las pupilas potenciales y los destellos, se generan y remiten los datos oculares a una unidad 20 de procesamiento. Por tanto, puede reducirse la carga de procesamiento de la unidad 20 de procesamiento dado que sólo es necesario analizar una zona pequeña alrededor de una pupila y un destello para determinar, por ejemplo, una dirección de mirada. En una realización alternativa, sólo se remite información sobre los destellos a la unidad 20 de procesamiento, por ejemplo, para identificar destellos para determinar el grado de cercanía ocular. En este caso, se necesita analizar sólo una zona pequeña alrededor de los destellos.

Por tanto, la idea básica de la presente invención es seleccionar subconjuntos o zonas de los elementos de imagen de la superficie de sensor y procesar cada subconjunto de manera individual y en paralelo en las unidades de detección ocular. Los subconjuntos pueden solaparse o pueden ser borde con borde y pueden comprender una o más columnas y/o una o más filas. Por tanto, la imagen capturada por el sensor está dividida en flujos de datos unidimensionales múltiples, o bien en forma de fila o bien de columna, y se procesa de manera individual cada flujo de datos y en paralelo en unidades de detección ocular respectivas. En la unidad de detección ocular respectiva, se extraen unas características oculares candidatas, por ejemplo, unos destellos y/o unas pupilas (o potenciales) y se remiten al módulo de generación de datos oculares lo que determina cual de los candidatos satisface unas condiciones predeterminadas y por tanto constituye por ejemplo destellos o un ojo. Cuando se ha identificado y verificado un ojo o un destello, los datos oculares que incluyen por ejemplo coordenadas de elementos de imagen para el ojo identificado o destello se remiten a una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento puede



usar estos datos oculares para determinar, por ejemplo, una dirección de mirada o para contar el número de destellos. Las etapas generales del método para detectar un ojo usando un sistema de detección ocular según la presente invención se ilustra en la figura 8. El método comprende las etapas generales de:

5 S100: proporcionar subconjuntos seleccionados de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital en paralelo a una pluralidad de unidades de detección ocular;

10 S110: realizar procedimientos de extracción de características oculares paralelos en los elementos recibidos de imagen para identificar características oculares predeterminadas en dichos subconjuntos seleccionados en módulos de extracción de características oculares;

15 S120: enviar información de características oculares identificadas potenciales de dichas unidades de detección ocular, incluyendo dicha información coordenadas de elementos de imagen para dichas características oculares identificadas, y la zona recibida de elementos de imagen a un módulo de generación de datos oculares;

S130: generar datos oculares basándose en dicha información de características oculares potenciales, en el que dichos datos oculares están generados si las características oculares identificadas cumplen unas condiciones predeterminadas; y

20 S140: transferir los datos oculares generados y las zonas recibidas de elementos de imagen, es decir los datos de imagen, en paralelo a un módulo de procesamiento, y en el que un flujo de datos de dichos datos oculares (es decir una característica ocular verificada que puede ser un ojo o un destello) y la zona de elementos de imagen de un fotograma de imagen digital es sustancialmente paralelo. Por tanto, cuando se ha identificado y verificado un ojo o un destello, los datos oculares que incluyen por ejemplo coordenadas de elementos de imagen para el ojo  
25 identificado o el destello se remiten a una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento puede usar estos datos oculares para, por ejemplo, contar el número de destellos y/o pupilas.

Ahora en referencia a la figura 3, el módulo 16 de extracción de destello se describirá ahora en más detalle. Se recibe un subconjunto de un fotograma de imagen digital en un módulo 20 de cálculo de derivadas adaptado para  
30 calcular la intensidad derivada en la dirección x e y. Las derivadas se calculan usando dos o más puntos en una dirección o usando un núcleo como en cálculos de gradiente Sobel o Prewit. En el contexto de la presente invención, los destellos son pequeños y tienen propiedades de borde iguales alrededor de al menos una parte de él. Los cálculos de borde se implementan para separar las direcciones x e y.

35 En primer lugar se comparan los valores de borde con un umbral predeterminado. Si el valor es mayor que este umbral, la posición [x,y] en la que se calculó el valor de borde se establecerá en un borde. El signo del borde se almacena también. El cálculo de borde se envía si un borde se ha detectado y el signo del borde para ambas direcciones x e y. Del borde de detección se obtiene una imagen ternaria (trinaria) (que incluye los valores -1, 0, 1) que contiene información sobre los bordes de la imagen original. También se puede obtener información sobre la  
40 dirección de los bordes y signos. Se usan estos datos para encontrar donde están los destellos en la imagen. El algoritmo de encuentro de borde puede usar esquemas más elaborados que tienen valores de umbral múltiples para gradientes e instrucciones lógicas para determinar si el candidato tiene la forma esperada. Esto es crucial para ordenar destellos de gafas, la esclerótica, joyería, etc. Los destellos de gafas son habitualmente más alargados que los destellos de la cornea.

45 Según la presente invención, se usa un algoritmo de componente conectado para encontrar objetos en una imagen binaria que están conectados entre sí. Se obtiene la imagen binaria tomando valores absolutos de la imagen ternaria. Es decir, si un pixel ternario con el valor (absoluto) de uno (marca un borde) se ubica al lado de otro pixel con valor entonces se funden en un nuevo objeto con las características combinadas. Debido al flujo paralelo de subconjuntos de elementos de imagen a las unidades de detección ocular, no se puede obtener la imagen entera al mismo tiempo lo que hace difícil la administración de los datos, lo que sin embargo se soluciona mediante la presente invención. En la figura 4, se muestra un ejemplo de una imagen binaria con dos objetos que se han  
50 conectado mediante varios artículos identificados, es decir los binarios.

55 Se remite la imagen binaria a una unidad 21 de retardo de fila y una máquina 22 de espacio de estados para un procedimiento de conexión. Se realiza el procedimiento de conexión en los elementos recibidos de imagen para determinar si un artículo no identificado en una fila actual está conectado a un artículo en una fila anterior (o una columna). Una zona de tales artículos conectados es un destello potencial. En referencia a la figura 4, se muestran dos tales zonas de artículos conectados, objeto 1 y objeto 2. En el procedimiento de conexión, se almacena la información de la fila anterior en una memoria 21 intermedia de fila y de manera conjunta con la información de la fila actual la máquina 22 de espacio de estados determina si un artículo no identificado, es decir uno binario, está  
60 conectado a un artículo de la fila anterior. En la figura 5, se muestra una vista detallada esquemática de la máquina 22 de espacio de estados, y la memoria 23 intermedia. Obsérvese que se usa el ejemplo de la figura 4 para explicar la concatenación de las filas actuales y anteriores. La máquina 22 de estados según esta realización consiste en 7 estados, en la que tres de los estados (AddTag, NewTag, RelTag) suceden instantáneamente mientras los otros están controlados por señales de reloj de un reloj de flujo de datos (no mostrado), por ejemplo, el del sensor de  
65

imagen. Sin embargo, debe observarse que la máquina de estados descrita en referencia a la figura 5 es a modo de ejemplo y con fines de ilustración.

La parte de estimación de pupila realizada en el módulo 18 de generación de datos oculares requiere datos de posición y geométricos de destello y candidatos de pupila, por ejemplo el centro del destello y pupila, el tamaño, la circularidad, y el valor de contraste. Para explicar estos parámetros, se ha hecho referencia a la figura 6. Está conectada a un objeto dado que cada uno limita con el otro. Basándose en esto, se calculan las características geométricas del destello y los candidatos de pupila, tal como los radios en distintos umbrales, la circularidad, el tamaño, el centroide. Otra característica calculada es el valor de contraste.

A partir de ahí, los objetos, es decir los destellos potenciales, identificados en el procedimiento descrito anteriormente pueden remitirse al módulo 18 de generación de datos oculares en el que se realiza una comprobación si los destellos potenciales identificados y una pupila potencial, identificada en el procedimiento de extracción de pupila que se describirá a continuación, constituyen un ojo.

Ahora en referencia a la figura 7, se describirá el módulo 17 de extracción de pupila. Los principios para el procedimiento de extracción de pupila son similares al procedimiento de extracción de destello. Sin embargo, comentaremos brevemente a continuación el módulo 17 de extracción de pupila. Los datos de imagen, es decir un subconjunto de un fotograma de imagen digital, se reciben en una unidad 30 de filtro en la que los elementos recibidos de imagen, incluyendo cada uno un valor de intensidad, se filtran en diferentes etapas de filtrado. En una realización, se procesan los elementos recibidos de imagen en tres etapas de filtrado distintas. En primer lugar, se filtran los elementos de imagen en una unidad de filtro FIR (filtro de respuesta finita al impulso) con el fin de reducir el ruido. Los componentes de señal de la pupila tienen una frecuencia relativamente baja y, por tanto, se eliminan por filtración los componentes de señal que tienen una frecuencia alta en el filtro FIR. En esta realización, el filtro FIR es un filtro unidimensional de 20º orden. A partir de ahí, se filtran los elementos de imagen en un filtro no lineal, en el que se procesan las subsecciones del subconjunto tal que se eliminan sucesivamente los valores inferiores en el caso de una imagen capturada en condiciones de pupila brillantes, o tal que se eliminan sucesivamente los valores superiores en caso de una imagen capturada en condiciones de pupila oscura. Después, se filtran los elementos de imagen en un filtro de homogenización que incluye un procedimiento de cuantización. Después del procedimiento de filtrado, se transfiere el subconjunto filtrado de los elementos de imagen a una unidad 31 de retardo de fila y unas unidades 32 y 34 de retardo de columna. En la máquina 35 de espacio de estados, se realiza un procedimiento similar para conectar elementos de imagen contiguos tal como se ha descrito anteriormente en conexión con el procedimiento de extracción de destello. En este caso, se identifican los objetos (es decir los elementos de imagen adyacentes) que tienen el mismo nivel de valor de intensidad. Se almacenan temporalmente los objetos potenciales en la memoria 36 intermedia. Cuando se liberan y almacenan los objetos en la memoria 37 intermedia (después de filtrarse en la unidad 38 de filtro), se define cada objeto por el valor de intensidad y datos de coordenadas en la dirección x y la dirección y (inicio X, inicio Y, final X, y final Y).

A partir de ahí, los objetos, es decir las pupilas potenciales, identificadas en el procedimiento descrito anteriormente pueden remitirse al módulo 18 de generación de datos oculares en el que se realiza una comprobación si los destellos potenciales identificados y una pupila potencial constituyen un ojo.

Según una realización preferida de la presente invención, el módulo 18 de generación de datos oculares está adaptado para realimentar información al sensor 11 sobre las posiciones en las que se han encontrado un ojo/unos ojos y/o unos destellos en fotogramas de imagen anteriores para seleccionar la porción de la superficie sensible a la luz del sensor 11 que se va a exponer antes de que se tome cada nueva imagen o se va a usar en cada nueva imagen y controla el sensor 11 de acuerdo con eso. Además, pueden darse instrucciones al sensor para que remita sólo subconjuntos de una porción de este tipo a las unidades 14 y 14b de detección ocular para el procedimiento de extracción de destello y/o pupila. Si se encuentra(n) el ojo/los ojos del usuario y/o los destellos en la imagen anterior se usa sólo una pequeña porción de los elementos de imagen de la superficie sensible a la luz del sensor 11. Sólo en este caso en el que no se han encontrado un ojo o unos destellos, se remiten los datos de todos los elementos de imagen de la superficie sensible a la luz del sensor 11 a las unidades 14, 14b de detección ocular. Así, puede reducirse incluso más la carga de procesamiento y puede mejorarse incluso más la velocidad de muestreo. Alternativamente, o como complemento, puede adaptarse el módulo 18 de generación de datos oculares para realimentar información de amplitud de los valores de intensidad de un ojo/unos ojos detectados o un destello/unos destellos detectados al sensor 11. Por tanto el módulo 18 de generación de datos oculares usa información de los valores de amplitud de ojos o destellos identificados de imágenes anteriores para seleccionar la porción de la superficie sensible a la luz del sensor 11 que se va a exponer antes de que se tome cada nueva imagen o se va a usar en cada nueva imagen y controla el sensor 11 de acuerdo con eso. Por ejemplo, puede establecerse un umbral de amplitud tal que sólo las zonas que incluyen elementos de imagen que tienen un valor de intensidad sobre un umbral de amplitud predeterminado se seleccionan para la exposición antes de que se tome o se use una nueva imagen en una nueva imagen.

En otro ejemplo, los umbrales de amplitud, por ejemplo, un intervalo, se establecen tal que sólo las zonas que incluyen elementos de imagen que tienen un valor de intensidad dentro de un intervalo de amplitud predeterminado se seleccionan para la exposición antes de que se tome o se use una nueva imagen en una nueva imagen.

Aunque se ha descrito la invención dada a conocer en el presente documento por medio de realizaciones específicas y aplicaciones de la misma, pueden hacerse varias modificaciones y variaciones en ella por los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de las invenciones, lo que está definido por las reivindicaciones adjuntas.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de detección ocular que comprende:

5 al menos un elemento (10) de iluminador adaptado para emitir luz en una dirección hacia la cabeza de un usuario;  
al menos un sensor (11) de imagen que está adaptado a:

10 recibir luz de la cabeza (9) iluminada de un usuario;  
capturar imágenes, estando cada imagen representada por un fotograma de imagen digital que comprende una matriz de elementos de imagen; y  
emitir una pluralidad de subconjuntos de datos, incluyendo cada subconjunto de datos elementos de imagen de dicho fotograma de imagen digital en referencia a una zona preseleccionada respectiva de dicho sensor de imagen;

15 una pluralidad de unidades (14a, 14b) de detección ocular conectadas a dicho sensor (11) de imagen,  
en el que cada unidad de detección ocular está adaptada para recibir un subconjunto de datos respectivo y para funcionar sustancialmente en paralelo entre sí, en el que cada una de dichas unidades de detección ocular incluye un módulo de extracción de características oculares adaptado para realizar un procedimiento de extracción de características oculares en el subconjunto de datos respectivo para identificar características oculares predeterminadas en dicho fotograma digital, y  
20 un módulo (18) de generación de datos oculares conectado a dichas unidades de detección ocular y que está adaptado a:

25 recibir información de características oculares identificadas potenciales de dichas unidades de detección ocular, incluyendo dicha información coordenadas de elementos de imagen para dichas características oculares identificadas, y los subconjuntos de datos recibidos, y  
30 generar datos oculares basándose en dicha información de características oculares potenciales, en el se generan dichos datos oculares si las características oculares identificadas cumplen unas condiciones predeterminadas, y  
35 transferir datos oculares generados y los subconjuntos de datos recibidos a un módulo (20) de procesamiento, y en el que un flujo de datos de dichos datos oculares y los subconjuntos de datos son sustancialmente paralelos.

40 2. Sistema de detección ocular según la reivindicación 1, en el que dicho módulo de extracción de características oculares está adaptado para:

45 procesar cada valor de intensidad de los elementos de imagen de un subconjunto de datos respectivo;  
determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto de datos respectivo están correlacionados comparando el valor de intensidad procesado de dichos elementos de imagen, en el que se determina que los elementos de imagen están correlacionados si el valor de intensidad procesado respectivo cumple condiciones predeterminadas;  
50 determinar si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados con los elementos de una fila o columna anteriores, respectivamente;  
conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos; y  
determinar que tales subzonas incluyen características oculares potenciales.

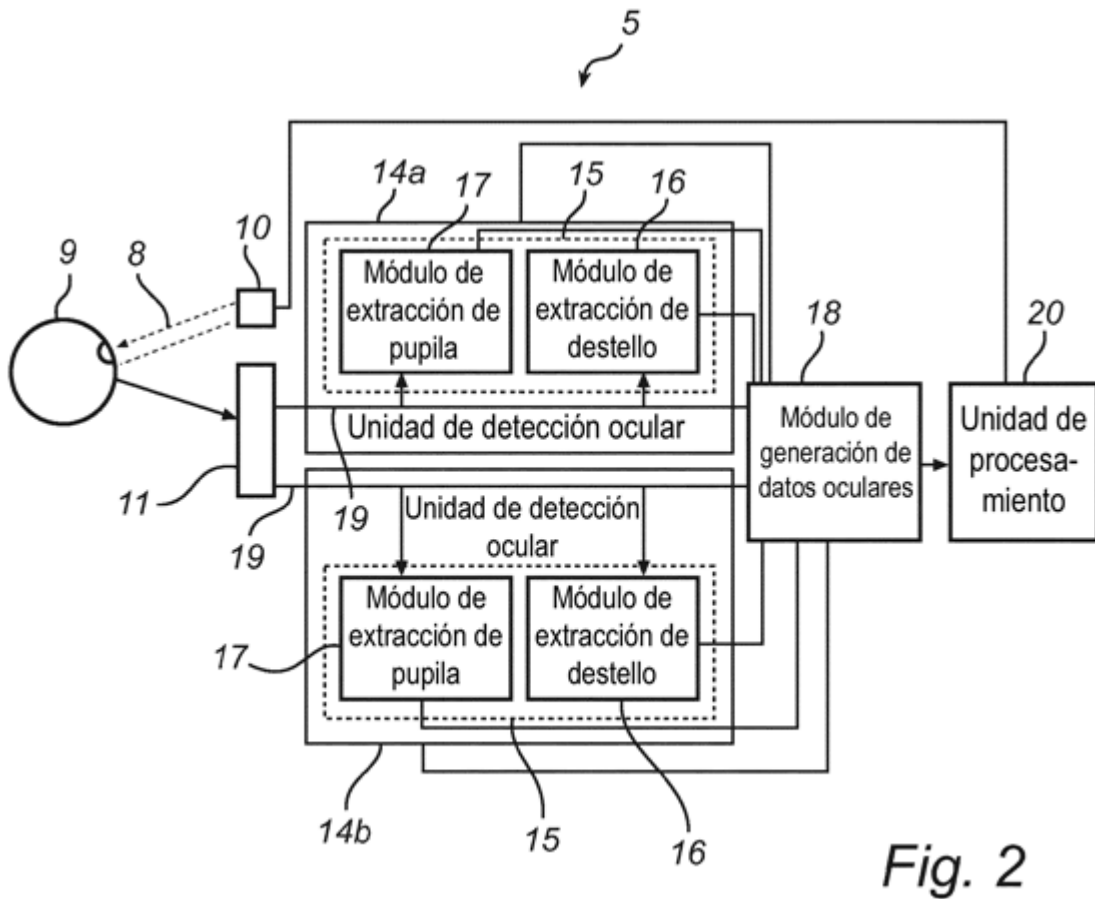
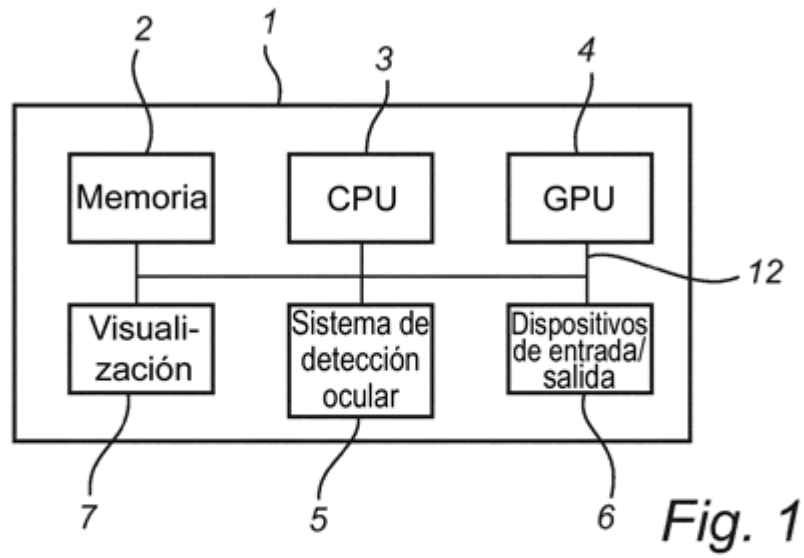
55 3. Sistema de detección ocular según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho módulo de extracción de características oculares incluye un módulo de extracción de destello adaptado para realizar un procedimiento de extracción de destello en el subconjunto de datos respectivo recibido para identificar elementos de imagen que incluyen al menos una parte de un destello potencial de un ojo del usuario, en el que dicho módulo de extracción de destello está adaptado, en dicho procedimiento de extracción de destello, para:

60 realizar un cálculo de borde para determinar valores de borde de los elementos de imagen respectivos de un subconjunto de datos respectivo recibido;  
determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto de datos respectivo están correlacionados comparando el valor de borde respectivo, en el que se determina que los elementos de imagen están correlacionados si el valor de borde es el mismo;

- determinar si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados con los elementos de una fila o columna anteriores, respectivamente;  
 conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos; y  
 5 determinar que tales subzonas son un destello potencial.
4. Sistema de detección ocular según la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicho módulo de extracción de características oculares incluye un módulo de extracción de pupila adaptado para realizar un procedimiento de extracción de zona de pupila en el subconjunto de datos respectivo recibido para identificar elementos de imagen que incluyen al menos una parte de una zona de pupila potencial de un ojo del usuario, en el que dicho módulo de extracción de pupila está adaptado, en dicho procedimiento de extracción de pupila, para:
- 10 determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto de datos respectivo recibido están correlacionados comparando el valor de intensidad respectivo, en el que se determina que dos elementos están correlacionados si los valores de intensidad están dentro de un intervalo predeterminado;  
 determinar si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados con los elementos de una fila o columna anteriores, respectivamente;  
 20 conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos; y  
 determinar que tales subzonas son al menos una pupila potencial.
5. Unidad de detección ocular según una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en la que dicho módulo de generación de datos oculares está adaptado para generar datos oculares si los elementos de imagen que incluyen al menos una parte de una pupila potencial y los elementos de imagen que incluyen al menos una parte de un destello potencial están dentro de una distancia predeterminada entre sí en una subzona.
- 25 6. Unidad de detección ocular según la reivindicación 5, en la que dicho módulo de generación de datos oculares está adaptado a:
- 30 asignar subzonas que se han determinado que son al menos parte de una pupila potencial y subzonas determinadas para ser un destello potencial para establecer si hay un solape o una relación cercana en distancia, y  
 si un solape de este tipo o una relación cercana en distancia está establecida entre al menos una parte de una pupila potencial y al menos un destello, determinar que las subzonas que incluyen dicha al menos una parte de una pupila potencial y dicho al menos un destello constituyen un ojo.
- 35 7. Unidad de detección ocular según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho módulo de generación de datos oculares es información de uso adaptada sobre en qué elementos de imagen se identificaron características oculares en un subconjunto al menos un fotograma de imagen digital anterior cuando se identifican características oculares en un subconjunto de una imagen digital presente.
- 40 8. Unidad de detección ocular según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en las que dicho módulo de generación de datos oculares está adaptado para enviar información al sensor de imagen dando instrucciones al sensor para remitir elementos de imagen de un subconjunto de al menos un fotograma de imagen digital posterior que se corresponde con los elementos de imagen en los que se identificaron características oculares en un subconjunto de un fotograma de imagen digital anterior a al menos una unidad de detección ocular.
- 45 9. Método para detectar un ojo que usa un sistema de detección ocular que comprende al menos un elemento (10) de iluminador adaptado para emitir luz en una dirección hacia la cabeza (9) de un usuario; y al menos un sensor (11) de imagen que está adaptado para recibir luz de la cabeza iluminada de un usuario, capturar imágenes, estando cada imagen representada por un fotograma de imagen digital que comprende una matriz de elementos de imagen, y emitir una pluralidad de subconjuntos de datos, incluyendo cada subconjunto de datos elementos de imagen de dicho fotograma de imagen digital en referencia a una zona preseleccionada respectiva de dicho sensor de imagen, comprendiendo dicho método las etapas de:
- 50 proporcionar un subconjunto de datos respectivo de dichos subconjuntos de datos en paralelo a una pluralidad de unidades (14a, 14b) de detección ocular;  
 realizar procedimientos de extracción de características oculares paralelos en el subconjunto de datos respectivo recibido para identificar características oculares predeterminadas en dicho fotograma digital en módulos de extracción de características oculares;  
 55 enviar información de características oculares identificadas potenciales de dichas unidades de detección ocular, incluyendo dicha información coordenadas de elementos de imagen para dichas características oculares identificadas, y los subconjuntos de datos recibidos a un módulo (18) de
- 60 65

- generación de datos oculares, y  
 generar datos oculares basándose en dicha información de características oculares potenciales, en el que se generan dichos datos oculares si las características oculares identificadas cumplen unas condiciones predeterminadas, y  
 5 transferir datos oculares generados y los subconjuntos de datos recibidos a un módulo (20) de procesamiento, y  
 en el que un flujo de datos de dichos datos oculares y los subconjuntos de datos son sustancialmente paralelos.
- 10 10. Método según la reivindicación 9, en el que la etapa de realizar procedimientos de extracción de características oculares paralelos incluye las etapas de:
- 15 procesar cada valor de intensidad de los elementos de imagen de un subconjunto de datos respectivo;  
 determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto respectivo están correlacionados comparando el valor de intensidad procesado de dichos elementos de imagen, en el que se determina que los elementos de imagen están correlacionados si el valor de intensidad procesado respectivo cumple unas condiciones predeterminadas;  
 20 determinar si los elementos correlacionados en una fila o columna están correlacionados con elementos de una fila o una columna anteriores, respectivamente;  
 conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos; y  
 determinar que tales subzonas incluyen características oculares potenciales.
- 25 11. Método según la reivindicación 9 ó 10, en el que procedimiento de extracción de características oculares incluye un procedimiento de extracción de destello que incluye las etapas de:
- 30 realizar un cálculo de borde para determinar valores de borde de los elementos de imagen respectivos de un subconjunto de datos respectivo recibido;  
 determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o una columna del subconjunto de datos respectivo están correlacionadas comparando el valor de borde respectivo, en el que se determina que los elementos de imagen están correlacionados si el valor de borde es el mismo;  
 35 determinar si los elementos correlacionados en una fila o una columna están correlacionados con elementos de una fila o una columna anteriores, respectivamente;  
 conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos; y  
 determinar que tales subzonas son un destello potencial.
- 40 12. Método según la reivindicación 9, 10, u 11, en el que dicho procedimiento de extracción de características oculares incluye un procedimiento de extracción de pupila que incluye las etapas de:
- 45 determinar de manera secuencial si los elementos de imagen adyacentes de una fila o columna del subconjunto de datos respectivo recibido están correlacionados comparando el valor de intensidad respectivo, en el que se determina que dos elementos están correlacionados si los valores de intensidad están dentro de un intervalo predeterminado;  
 determinar si los elementos correlacionados en una fila o columna están correlacionados con elementos de una fila o columna anteriores, respectivamente;  
 50 conectar tales elementos correlacionados en subzonas de elementos; y  
 determinar que tales subzonas son al menos una pupila potencial.
- 55 13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en el que dicha etapa de generación de datos oculares incluye generar datos oculares si los elementos de imagen que incluyen al menos una parte de una pupila potencial y los elementos de imagen que incluyen al menos una parte de un destello potencial están dentro de una distancia predeterminada entre sí en una subzona.
- 60 14. Método según la reivindicación 13, en el que dicha etapa de generación de datos oculares incluye las etapas de:
- asignar subzonas que se han determinado que son al menos parte de una pupila potencial y unas subzonas determinadas para ser un destello potencial para establecer si hay un solape o una relación cercana en distancia, y  
 si un solape de este tipo o una relación cercana en distancia está establecida entre al menos una parte de una pupila potencial y al menos un destello, determinar que las subzonas que incluyen dicha al menos una parte de una pupila potencial y dicho al menos un destello constituyen un ojo.
- 65 15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9-14, en el que dicha etapa de generación de datos

oculares incluye la etapa de usar información sobre en qué elementos de imagen se identificaron características oculares en un subconjunto al menos un fotograma de imagen digital anterior cuando se identifican características oculares en un subconjunto de una imagen digital presente.





Módulo 16 de extracción de destello

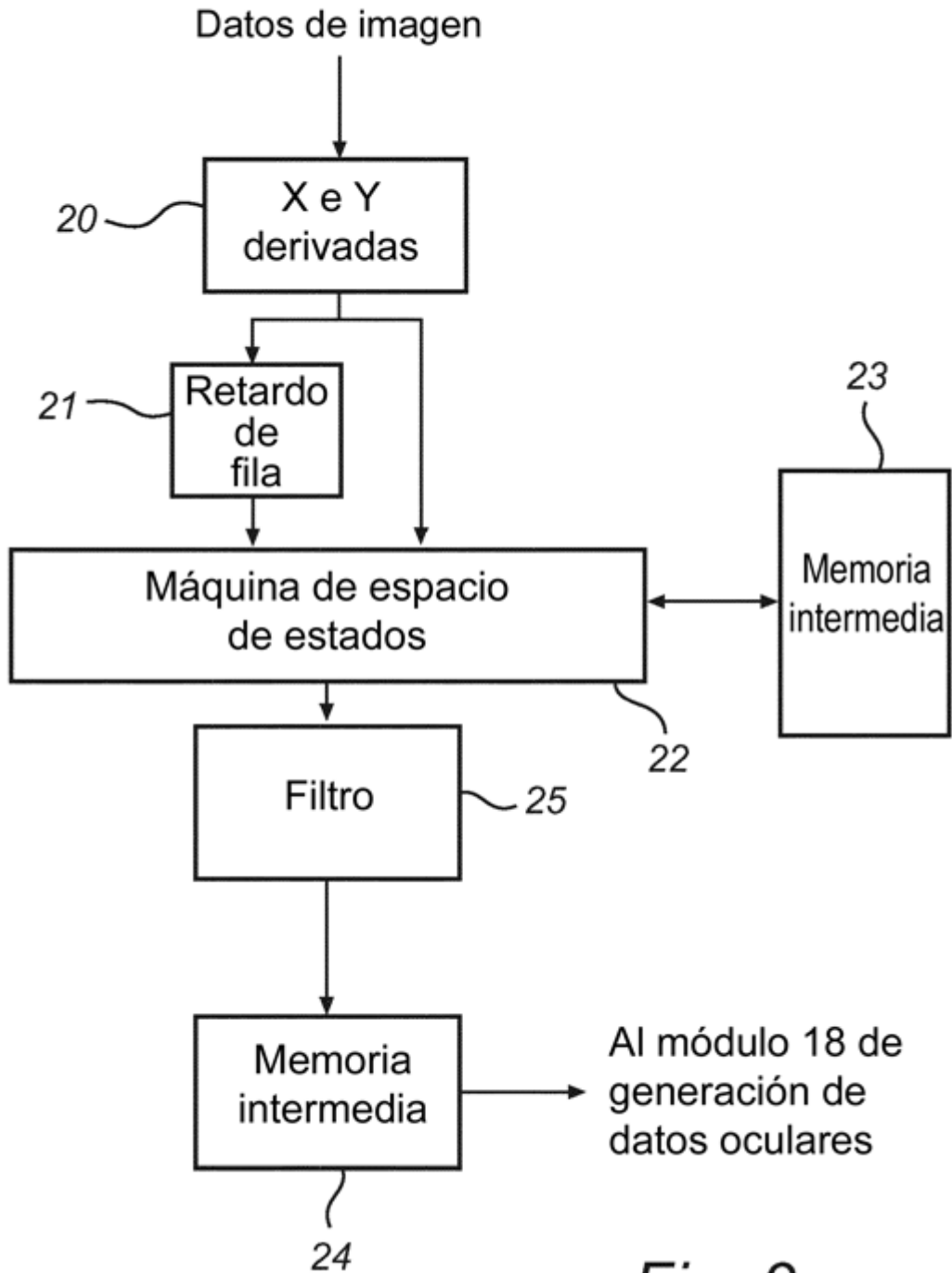
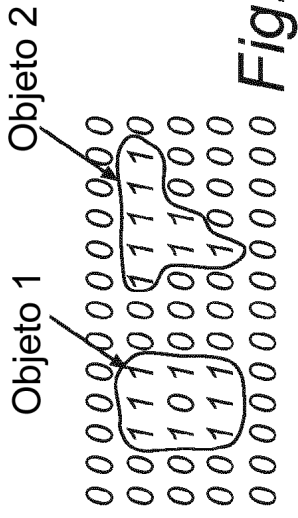


Fig. 3



Datos de ejemplo de fig. 4

```

00000000000000
0011100111110
0032300233220
0031300232000
0022200020000
0000000000000
    
```

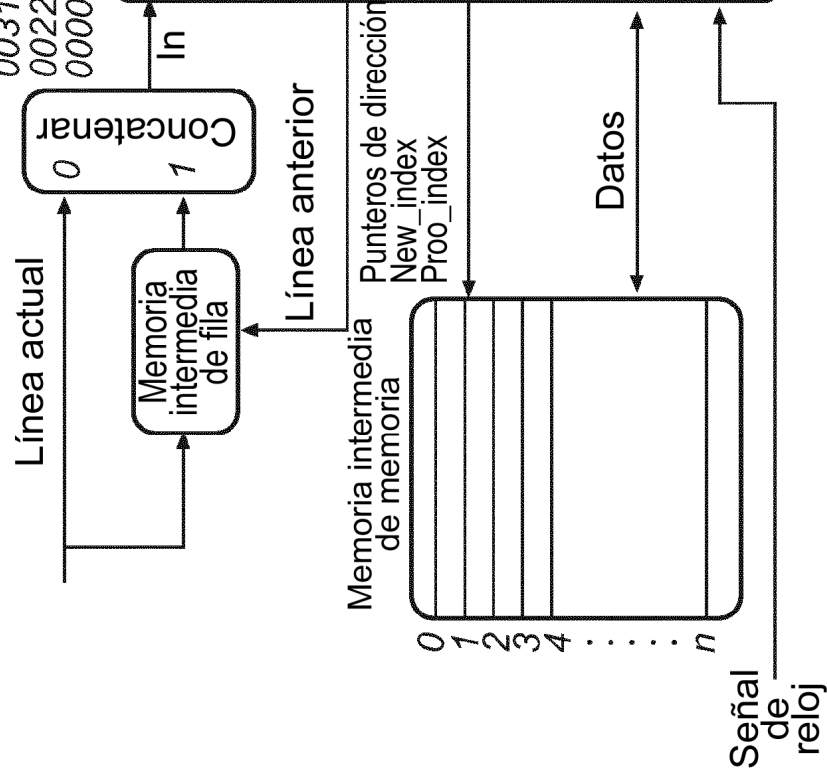
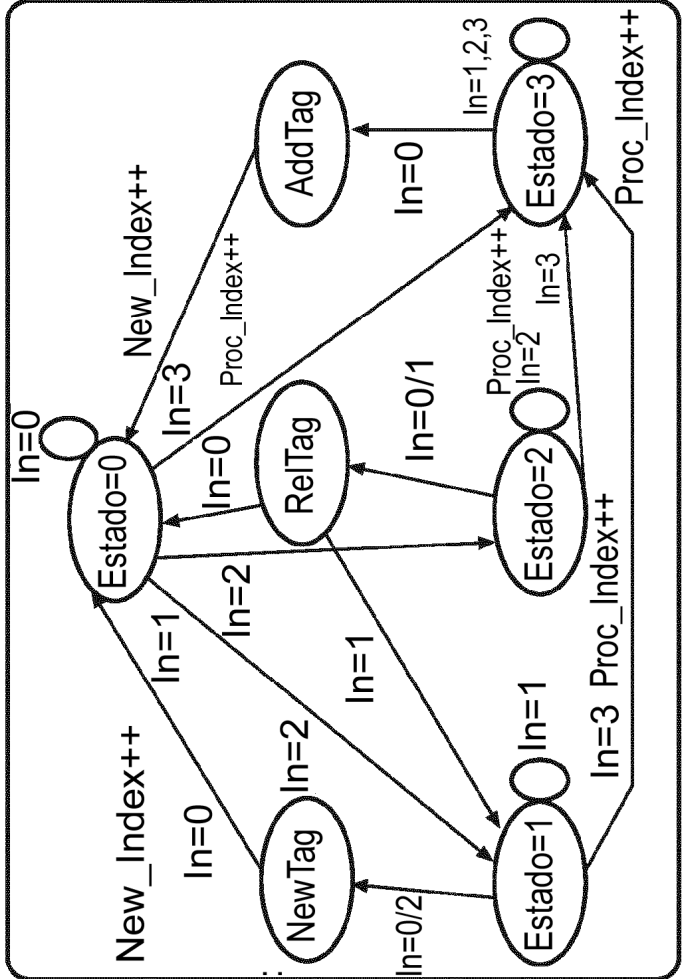


Fig. 5



Datos-X:

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0	-1	-1	
3	0	0	1	1	0	0	-1	0	
4	0	0	0	1	0	0	0	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	

Datos-Y:

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	

Borde:

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0	
4	0	0	0	1	1	1	1	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	

*Fig. 6*

Módulo 17 de extracción de pupila

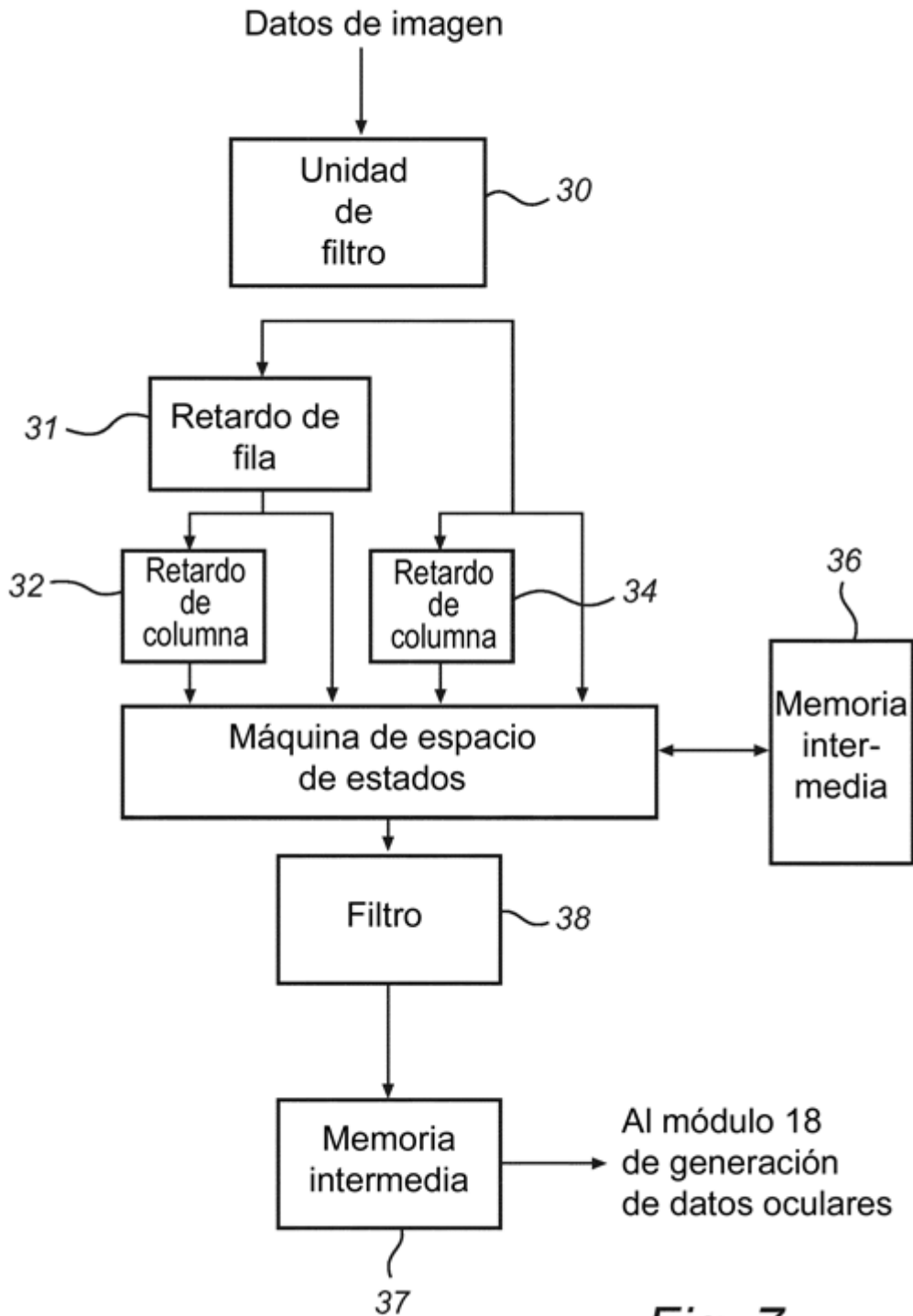
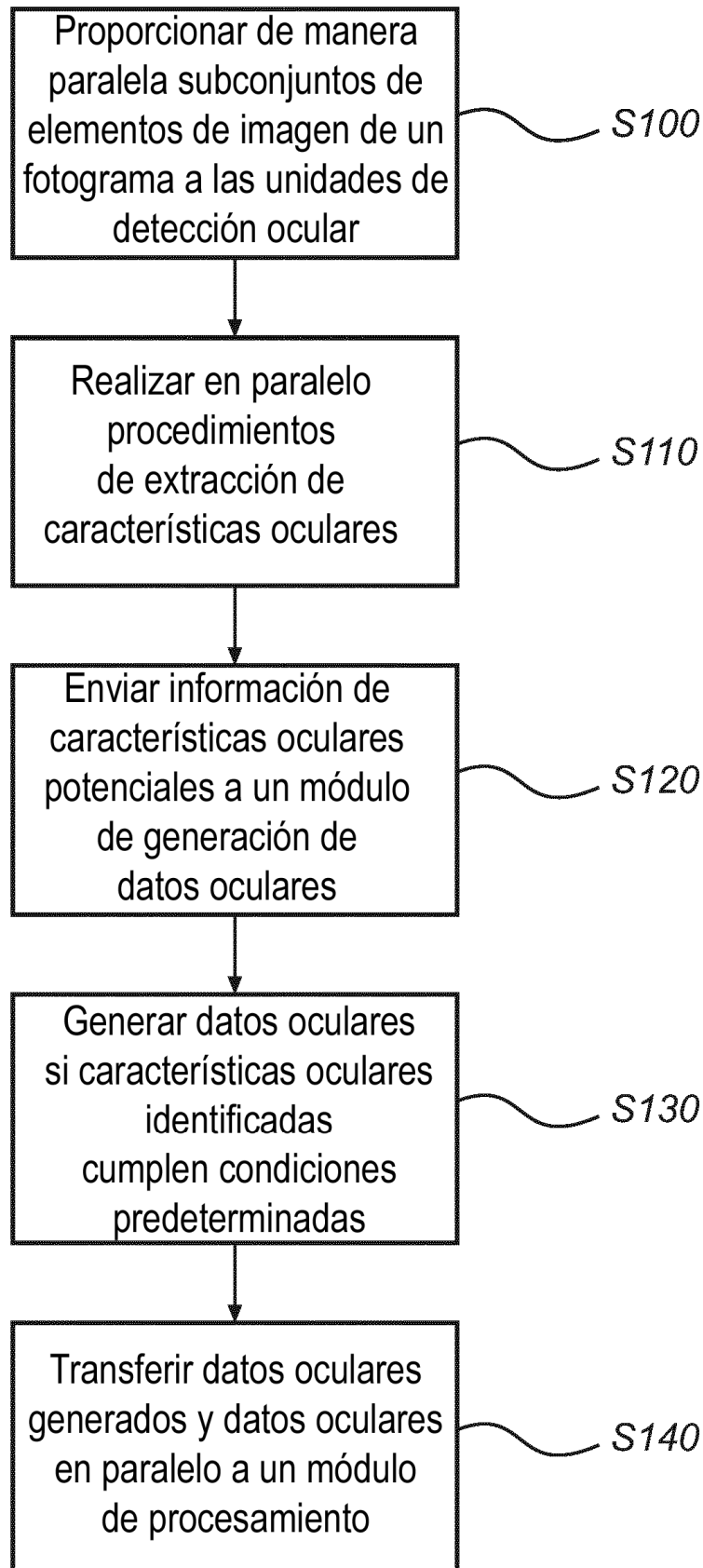


Fig. 7



*Fig. 8*