

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 036**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)
G06K 9/78 (2006.01)
G06K 9/20 (2006.01)
H04N 5/232 (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)
H04N 5/247 (2006.01)
H04N 5/33 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2010 PCT/CA2010/001432**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2011 WO11029203**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2010 E 10814860 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2478464**

54 Título: **Cámara de análisis de vídeo de resolución dual sacádica**

30 Prioridad:

14.09.2009 US 242085 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.01.2020

73 Titular/es:

**VIION SYSTEMS INC. (100.0%)
1751 Richardson
Montreal, Quebec H3K 1G6, CA**

72 Inventor/es:

**MC MORDIE, DAVID y
KELLY, MICHAEL, FINDLAY**

74 Agente/Representante:

RIZZO , Sergio

ES 2 739 036 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

Cámara de análisis de vídeo de resolución dual sacádica

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 [0001] La presente solicitud reivindica la prioridad y las ventajas de la solicitud de patente provisional estadounidense con n.º de serie 61/242,085, presentada el 14 de septiembre de 2009, titulada "Saccadic Dual-Resolution Video Analytics Camera."

Campo de la invención

10 [0002] La presente invención se refiere, en general, a sistemas y procedimientos para la detección, el seguimiento y el reconocimiento de objetos y, más específicamente, para la detección, el seguimiento y el reconocimiento de caras, ojos, iris y/u otras características faciales, matrículas y otros objetos de interés en una variedad de entornos y condiciones.

Antecedentes

15 [0003] El *software* y los sistemas de procesamiento de imagen y de vídeo llevan mucho tiempo intentando identificar de forma automática personas, matrículas, equipaje olvidado y otros objetos y eventos de interés. Las ventajas de dichas aplicaciones son numerosas y significativas, por ejemplo: sistemas de alerta temprana para ataques terroristas, detección de personas desaparecidas, identificación de usuarios, identificación de vehículos y muchas otras. No obstante, a pesar de presentar un gran rendimiento en las pruebas de laboratorio, la efectividad del análisis de vídeo en aplicaciones reales sigue siendo limitada.

20 [0004] Las limitaciones de las soluciones convencionales son resultado de una serie de factores del sistema y del entorno, tales como la iluminación, la posición del objeto, las sombras, la resolución limitada y el ruido. Entre las anteriores, la resolución es, quizás, la más significativa. En entornos reales, capturar imágenes de objetos de interés (p. ej., caras, características de las personas, tales como los iris, matrículas, equipaje abandonado, etc.) con la suficiente resolución como para posibilitar el reconocimiento, al tiempo que se proporciona el suficiente campo de visión como para cubrir una zona significativa, plantea un gran reto. Por ejemplo, si una cámara es alejada para capturar objetos de interés en una zona grande, tal como una habitación entera, un pasillo, una zona de acceso, una calzada o un aparcamiento, la resolución de las imágenes capturadas no es suficiente para el reconocimiento de objetos automatizado.

30 [0005] Un segundo factor importante en el rendimiento de los sistemas actuales de análisis de vídeo es la iluminación. Los sistemas de análisis de vídeo que aprovechan la infraestructura de videovigilancia actualmente disponible sufren la falta de iluminación controlada, lo que afecta de forma negativa al rendimiento. Algunos sistemas comerciales exitosos, tales como los que se utilizan para el reconocimiento de matrículas controlan la iluminación a través de la adición de fuentes de iluminación para mejorar el rendimiento del reconocimiento.

35 En el documento de patente US 6,061,086 se da a conocer la utilización de una cámara gran angular para capturar una imagen de un objeto entero y una cámara de alta resolución para capturar imágenes de objetivos en el objeto. Se utiliza un espejo orientable de dos ejes para dirigir la cámara de alta resolución hacia los objetivos.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

40 [0006] Los modos de realización de la presente invención abordan estos y otros retos mediante la aplicación de un enfoque de resolución dual de dos cámaras, con procesamiento e iluminación de imagen integrados. La invención reivindicada en el presente documento da a conocer un dispositivo para detectar y seguir el movimiento de objetos tal y como se establece en la reivindicación 1, y un procedimiento tal y como se establece en la reivindicación 15. Mediante la utilización de una cámara gran angular, se detectan objetos de interés mediante la utilización de algoritmos de procesamiento de imagen que actúan en imágenes de muy baja resolución de objetos blanco. El campo de visión de una segunda cámara dotada de una lente teleobjetivo puede enfocar los objetos mediante la utilización de un conjunto de espejo orientable para capturar una imagen de alta resolución en la que se prevé que se encuentre el objeto de interés, a partir de una imagen obtenida por la cámara gran angular. Pueden aplicarse diversos algoritmos de procesamiento de imagen para confirmar la presencia del objeto en la imagen de teleobjetivo. Si se detecta un objeto y la imagen es de suficiente calidad, pueden aplicarse a la imagen técnicas de reconocimiento facial detallado, alfanuméricas y de iris, u otras técnicas de reconocimiento de patrones. La información del reconocimiento es comunicada por medio de una red de datos a otros dispositivos conectados a esta red.

50

[0007] Con el fin de abordar la cuestión de la iluminación, puede utilizarse un *flash* de infrarrojos colimado centrado. Esto ofrece la suficiente iluminación como para mejorar el rendimiento en ubicaciones oscuras, así como en ubicaciones en las que las sombras proyectadas afectan al rendimiento de los sistemas de reconocimiento de objetos automatizados. El *flash* iluminador aprovecha el mismo principio que la cámara de teleobjetivo en el sentido de que, mediante el enfoque directamente en el objeto de interés, puede utilizarse un haz firmemente colimado con la utilización de una pequeña cantidad de energía de iluminador para aumentar considerablemente la iluminación ambiental.

[0008] Por lo tanto, en un primer aspecto, los modos de realización de la invención se refieren a un dispositivo para detectar objetos de interés en una escena. El dispositivo incluye una cámara gran angular configurada para obtener una imagen de la escena y para detectar objetos en la escena y una cámara de teleobjetivo configurada para obtener una imagen de alta resolución del objeto. Se utiliza un conjunto de espejo móvil para ajustar el enfoque de la cámara de teleobjetivo y se configura un procesador de imagen para identificar la ubicación de los objetos en la escena y proporcionar órdenes para ajustar la posición del conjunto, de tal forma que la cámara de teleobjetivo enfoque los objetos. En algunos casos, el procesador de imagen también regula la ganancia de vídeo y parámetros de exposición de las imágenes capturadas. En algunos casos, se utiliza un procesador para identificar los objetos (tales como características anatómicas humanas o caracteres de matrículas) a partir de la imagen de alta resolución.

[0009] En algunos modos de realización, el dispositivo también puede incluir un *flash* colimado de infrarrojos cercanos (tal como un láser infrarrojo pulsado o diodos emisores de infrarrojos cercanos) para la iluminación dirigida del objeto de interés y el conjunto de espejo puede ubicar el *flash* colimado de infrarrojos en el objeto u objetos. El conjunto de espejo móvil puede incluir uno o varios codificadores de anillo magnéticos angulares de alta precisión. Para ubicar el conjunto de espejo, el dispositivo también puede incluir dos motores de bobina de voz. Estos motores pueden estar conectados a través de una cadena cinemática esférica con cinco uniones que, cuando se activa, hace girar el espejo alrededor de dos ejes ortogonales. El dispositivo puede, en su lugar, ubicar el espejo a través de una cadena cinemática cerrada plana con cinco uniones que, cuando se activan, ubican el borde inferior del conjunto de espejo. Este dispositivo plano puede, además, incluir un cojinete de deslizamiento para limitar un punto central en el conjunto de espejo en el plano sagital en relación con el espejo. En algunas implementaciones, el conjunto de espejo móvil incluye un tubo, una articulación de pivote y una varilla de empuje para ubicar el conjunto de espejo alrededor de dos ejes separados. Otras implementaciones pueden incluir sistemas de espejo deformables en los que la forma de la superficie reflectante puede controlarse con el fin de redirigir el campo de visión de la cámara de teleobjetivo.

[0010] El dispositivo puede incluir, además, un sensor adicional configurado para identificar únicamente el objeto de interés, tales como números electrónicos de serie (ESN) de teléfono móvil, códigos de Identidad Internacional del Equipo Móvil (IMEI), direcciones de control de acceso al medio (MAC, por sus siglas en inglés) 802.15 (Bluetooth) del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), tarjetas de proximidad, transpondedores de peaje y otros dispositivos de radiofrecuencia identificables de forma única. Los datos de este sensor pueden utilizarse para el reconocimiento de personas y para realizar extracción de datos y validación de sistema. El dispositivo puede incluir, además, un módulo de compresión de vídeo para comprimir datos de vídeo capturados por las cámaras para su almacenamiento en un dispositivo de almacenamiento de datos y o para su transmisión a dispositivos externos a través de interfaces de red.

[0011] En otro aspecto, un procedimiento para identificar un objeto en una escena incluye obtener una imagen de la escena mediante la utilización de un primer sensor de imagen, donde el primer sensor de imagen comprende una cámara gran angular que enfoca la escena. Se determina la ubicación del objeto en la escena (mediante la utilización, en algunos casos, de coordenadas angulares con respecto a la escena) y se regula un conjunto de espejo de tal forma que la ubicación detectada es presentada a un segundo sensor de imagen. En algunos casos, el conjunto de espejo está configurado para permitir ajustes mediante la utilización de diversos grados de libertad (p. ej., alrededor de un eje horizontal y vertical) y/o la conformación del conjunto de espejo puede modificarse. Se obtiene una imagen del objeto con una resolución considerablemente superior que la de la imagen de la escena. En algunos casos, a partir de la imagen con una resolución superior, el objeto se identifica a través de algoritmos de procesamiento de imagen. En algunos casos, la imagen con una resolución superior puede ser transmitida por medio de una red adjunta para su almacenamiento y/o procesamiento por otro equipo. En algunos casos, puede utilizarse un conjunto de *flash* que incluye un láser infrarrojo pulsado o diodos emisores de luz para iluminar el objeto.

55 **Breve descripción de los dibujos**

[0012] Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la presente invención, así como la propia invención, se entenderán mucho mejor a partir de la siguiente descripción de diversos modos de realización, al leerse junto con los dibujos adjuntos, en los que:

En la figura 1, se muestra de manera esquemática un diagrama de bloques funcional para la cámara de resolución dual sacádica de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 2, se muestran de manera esquemática los principales componentes ópticos, mecánicos y electrónicos para la cámara de resolución dual sacádica de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 3, se muestran de manera esquemática imágenes faciales capturadas mediante la utilización de un campo de visión amplio en comparación con las capturadas con la cámara de teleobjetivo de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 4, se ilustra una vista en corte de un actuador y un servoconjunto de sensor de posición aplicable al movimiento de alta velocidad de precisión de espejos de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 5, se muestra de manera esquemática un conjunto de espejo dual para la cámara de resolución dual sacádica de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 6, se muestra de manera esquemática un conjunto de varilla de empuje concéntrico para la cámara de resolución dual sacádica de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 7, se muestra de manera esquemática un mecanismo de cadena cinemática cerrado y esférico con cinco uniones utilizado para controlar de forma precisa y simultánea dos desplazamientos angulares de un espejo de acuerdo con un modo de realización de la invención;

En la figura 8, se muestra un diagrama de flujo en el que se describe un proceso para implementar un procedimiento de identificación de objetos grueso-fino de dos fases mediante la utilización de la cámara de resolución dual sacádica de acuerdo con diversos modos de realización de la invención; y

En la figura 9, se ilustra de forma gráfica la sincronización del tiempo de la estabilidad de espejo con la exposición del sensor de imagen con el fin de evitar el desenfoque del movimiento de las imágenes debido al movimiento del espejo de acuerdo con un modo de realización de la invención.

Descripción de la invención

[0013] En muchas aplicaciones de captura de imagen y de vigilancia, la identificación inicial de un objeto de posible interés y el reconocimiento positivo eventual de ese objeto pueden presentar distintos requisitos de captura y procesamiento de imagen. Por ejemplo, es habitual observar una escena completa que implica muchos objetos o personas diferentes a distintas distancias y distintos ángulos con respecto a la cámara. Esto requiere la utilización de una cámara con un campo de visión amplio, pero la resolución resultante para cualquier objeto en ese campo de la cámara es, por lo general, demasiado baja como para hacer posible el reconocimiento del objeto. Normalmente, el reconocimiento de una persona, un artículo particular, o un conjunto de caracteres requiere una resolución de captura de imagen superior y puede, además, demandar requisitos de iluminación más estrictos con el fin de proporcionar el suficiente detalle para el reconocimiento automático. Además de las limitaciones de captura de imagen, la detección y el reconocimiento de forma eficaz de personas, objetos de interés o matrículas en una escena puede requerir llevar a cabo las tareas de detección de presencia y reconocimiento al mismo tiempo a medida que los objetos pasan a través de una escena rápidamente o se alejan de la cámara.

[0014] Para establecer un equilibrio entre la necesidad de capturar una perspectiva general de gran angular de una escena al tiempo que se identifican de manera simultánea objetos o personas en particular en la escena, los dispositivos y las técnicas que se describen en la presente memoria utilizan una combinación de componentes electromecánicos, ópticos y de *software* para ubicar el eje óptico de una cámara de teleobjetivo en el campo de visión de una cámara gran angular fija, así como para proporcionar procesos electrónicos y computarizados para capturar y procesar los datos de vídeo capturados. Por ejemplo, una cámara gran angular puede montarse en una ubicación fija y orientarse y enfocarse a una escena y/o unos objetos. Las imágenes de vídeo de la cámara gran angular son procesadas en tiempo real para identificar ubicaciones que sean posibles candidatas para objetos de interés. Los objetos pueden incluir personas, ojos, automóviles, artículos al por menor, artículos de inventario, símbolos UPC y otros artículos ópticamente reconocibles.

[0015] Una vez ha sido identificada una ubicación de un objeto (u objetos) de interés en una escena mediante el procesamiento de las imágenes de la cámara gran angular, sus coordenadas angulares en la imagen son pasadas a un conjunto de control de espejo, que regula automáticamente un espejo (o una serie de espejos) con el fin de enfocar una cámara de teleobjetivo a cada uno de los objetos de interés, obtener uno o varios fotogramas que contienen cada objeto antes de proceder con el siguiente objeto. La obtención de las imágenes se sincroniza con la reubicación del espejo, de tal forma que puede obtenerse una imagen cuando el espejo está lo suficientemente inmóvil como para proporcionar una calidad de imagen alta. Los fotogramas resultantes de la cámara de teleobjetivo pueden juntarse de nuevo en secuencias de vídeo para cada objeto de interés y ser proporcionadas a un procesador de vídeo para el reconocimiento de objeto detallado. Cualquiera de las secuencias de vídeo o ambas también pueden comprimirse y destinarse a su almacenamiento a modo de transmisiones de vídeo comprimidas.

5 **[0016]** Durante el funcionamiento, los siguientes flujos de datos están disponibles para su procesamiento, análisis y/o almacenamiento: (i) una transmisión de vídeo de perspectiva general de gran angular, disponible para la transmisión a un monitor o dispositivo de almacenamiento de la misma manera que los equipos de videovigilancia convencionales; (ii) transmisiones de vídeo y/o imágenes fijas de objetos de interés en la escena, coordinadas en tiempo con la transmisión de vídeo de perspectiva general de gran angular; y (iii) metadatos que indican información específica de objeto reconocida a partir de las transmisiones de vídeo. Los metadatos pueden incluir, por ejemplo, descriptores faciales extraídos, descriptores de iris, cadenas de caracteres de reconocimiento de matrículas u otra información específica de objeto. Los metadatos también pueden indizarse por tiempo para permitir la coordinación con las transmisiones de vídeo.

10 **[0017]** Esta técnica puede utilizarse, por ejemplo, en aplicaciones de reconocimiento facial, de modo que la detección y el reconocimiento de una persona en particular en una multitud sean prácticos. Mediante el procesamiento de la señal de vídeo de gran angular con procesamientos de detección de objetos y mediante el procesamiento de la señal de teleobjetivo con procedimientos de reconocimiento y análisis de artículos, el sistema y las técnicas aquí descritos pueden utilizarse también para implementar numerosas aplicaciones de análisis de vídeo e imagen, tales como las siguientes: (i) detección de equipaje abandonado; (ii) detección de personas merodeando; (iii) detección de presencia humana; (iv) detección de animales; (v) alambres de activación virtuales; (vi) recuento de personas; (vii) detección de movimiento sospechoso; (viii) reconocimiento de matrículas; y (ix) reconocimiento de iris.

20 **[0018]** En el sistema, pueden incluirse también herramientas utilizadas para detectar números electrónicos de serie (ESN) de teléfono móvil, códigos de Identidad Internacional del Equipo Móvil (IMEI) y/o direcciones MAC 802.15 (Bluetooth). Mediante la utilización de estas herramientas adicionales, la información de identificación única puede asociarse a la información facial, la información de matrículas u otra información de análisis de vídeo para facilitar la confirmación y la trazabilidad de la información de análisis de vídeo, tales como caras o números de matrícula. La información de identificación también puede estar directamente relacionada con
25 marcas temporales en una o más de las señales de vídeo.

30 **[0019]** Haciendo referencia ahora a la figura 1, un sistema para identificar objetos en una escena incluye una cámara gran angular 105, un conjunto de espejo móvil 110, un *flash* de infrarrojos cercanos 115, una cámara de teleobjetivo 120, diversos componentes de control y captura de cámara 125, salida de vídeo de calibración 160, un procesador de imagen gran angular 165, un procesador de imagen teleobjetivo 185 y una conexión Ethernet 198. La cámara gran angular 105 puede ser cualquier cámara de vídeo de espectro visible o de infrarrojos (infrarrojos cercanos o termográfica) con formato de salida analógico o digital. Esta cámara sirve para capturar una señal de vídeo de gran angular que observa una escena que puede incluir artículos como gente, objetos de interés o matrículas. Las imágenes son capturadas con el suficiente detalle como para permitir la detección y el seguimiento de estos artículos en la señal de vídeo. La ubicación de estos artículos rastreados guía al conjunto de espejo móvil 110, que dirige el campo de visión de la cámara de teleobjetivo 120 hacia cada uno de los
35 artículos detectados y rastreados en secuencia.

40 **[0020]** El conjunto de espejo móvil puede diseñarse con diversos mecanismos y tecnologías, algunos de los cuales se describen a continuación, pero en todos los casos, sirve para enfocar el campo de visión de la cámara de teleobjetivo hacia ubicaciones de artículos candidatas, de tal forma que cada nuevo fotograma de vídeo capturado por la cámara de teleobjetivo pueda ser capturado en una nueva ubicación en la escena, correspondiente a un artículo particular. El *flash* de infrarrojos cercanos 115 incluye diodos emisores de infrarrojos y/o láseres de diodos, que pueden funcionar en el espectro electromagnético de infrarrojos, en el que se reduce la visibilidad para los humanos, pero la respuesta de los sensores de imagen semiconductores de óxidos metálicos conductores (CMOS, por sus siglas en inglés) y de dispositivo de acoplamiento de carga (CCD, por sus siglas en inglés) es suficiente como para permitir la iluminación encubierta eficaz de un sujeto. Además de los diodos emisores de infrarrojos, el *flash* de infrarrojos cercanos también incluye un circuito de mando que permite controlar de manera precisa la hora de inicio y el periodo del *flash*, así como la intensidad de iluminación. La cámara de teleobjetivo 120 sirve para capturar vídeo de alta resolución de caras u otros objetos de interés a distancias significativas, con salida en formato analógico o digital. La distancia focal y la apertura de la lente utilizadas en esta cámara son seleccionadas por aplicación con el fin de alcanzar el rango y la profundidad de campo deseados, pero en todos los casos la distancia focal de la lente de la cámara de teleobjetivo es considerablemente más larga que la de la lente de la cámara gran angular.

55 **[0021]** El subsistema de control y captura de la cámara 125 incluye los siguientes componentes funcionales principales: una fuente de alimentación 130 para preparar y distribuir energía a los conjuntos electrónicos y mecánicos desde fuentes de energía eléctrica estándar, un dispositivo de captura de vídeo gran angular 135, un conjunto de espejo de control de movimiento 140, un conjunto de captura de vídeo teleobjetivo 145, un módulo de compresión de vídeo 150 y una toma de salida de vídeo de calibración 155. Los dispositivos de captura gran angular y de teleobjetivo 135 y 145 proporcionan los medios para obtener información de vídeo de las cámaras

gran angular 105 y de teleobjetivo 120 dentro de memoria de ordenador para el procesamiento por parte del procesador de imagen de gran angular 165 o el procesador de imagen de teleobjetivo 185, respectivamente.

5 **[0022]** El procesador de imagen de gran angular 165 incluye los siguientes componentes funcionales principales: memoria de acceso aleatorio (RAM) 170, almacenamiento de datos 175 y una o varias unidades de procesamiento central (CPU, por sus siglas en inglés) 180. Estos componentes están organizados para aplicar a un ordenador *software* de a bordo que puede manejar el procesamiento de datos de vídeo obtenidos por los dispositivos de captura de vídeo 135 y 145 y comunicarse tanto con el procesador de imagen de teleobjetivo 185 como con una red de ordenador adjunta 198. En algunos modos de realización, la unidad de procesamiento central puede sustituirse por un procesador de señales digitales (DSP, por sus siglas en inglés) manteniendo la misma función.

15 **[0023]** El procesador de imagen de teleobjetivo 185 incluye los siguientes componentes funcionales principales: memoria de acceso aleatorio (RAM) 190, una interfaz de entrada/salida (I/O) 195; una unidad de procesamiento central (CPU) 196 y almacenamiento de datos 197. Estos componentes están organizados para aplicar a un ordenador *software* de a bordo que puede procesar datos de vídeo obtenidos por los dispositivos de captura de vídeo 135 y 145 y comunicarse tanto con el procesador de imagen de teleobjetivo 185 como con una red de ordenador adjunta 198. En algunos modos de realización, la unidad de procesamiento central puede sustituirse por un procesador de señales digitales (DSP, por sus siglas en inglés) manteniendo la misma función. La función de cada componente del sistema se describe con más detalle a continuación.

20 **[0024]** En algunos modos de realización, el procesador de imagen de gran angular 165 y el procesador de imagen de teleobjetivo 185 pueden combinarse de tal forma que las funciones de procesamiento de cada uno sean manejadas por un único dispositivo informático.

25 **[0025]** El vídeo de la cámara gran angular puede comprimirse con tecnologías de compresión de vídeo tales como H.263 o H.264 con el fin de facilitar la transmisión de los datos de vídeo a servidores de almacenamiento y/o de gestión a través de la red 198. El módulo de compresión de vídeo 150 puede emplear un procesador de señales digitales (DSP) u otra herramienta computacional y algoritmos de *software*, o puede utilizar *hardware* de compresión construido especialmente para llevar a cabo la compresión de vídeo. La interfaz de I/O puede cumplir con uno o varios estándares de red, tales como Ethernet 802.3, red inalámbrica 802.11, (Bluetooth) 802.15, HDMI, RS-232, RS-485 y RS-422 para permitir la comunicación de datos de vídeo comprimidos, metadatos e información de alarma a sistemas externos a través de la red 198.

30 **[0026]** Haciendo referencia a la figura 2, los principales componentes ópticos, mecánicos y electrónicos para una cámara de resolución dual sacádica incluyen una cámara gran angular 200, un conjunto de espejo móvil 205, una lente teleobjetivo 235 y una cámara de teleobjetivo 240.

35 **[0027]** En un modo de realización, el conjunto de espejo móvil 205 incluye un motor de bobina de voz 210, un conjunto de espejo de unión de control 215, una placa de control de movimiento 220, uno o varios sensores de posición 225 y un espejo 230. Cada actuador 210 se utiliza para ubicar una de las uniones de espejo de control 215 que, a su vez, reubica el espejo 230. Los dos sensores de posición 225 indican la posición, y están conectados a cada placa de control de movimiento 220. Posiciones angulares deseadas son comunicadas a la placa de control de movimiento 220, que utiliza técnicas de control de retroalimentación estándar para reubicar cada eje de accionador de forma rápida y precisa.

40 **[0028]** En algunas implementaciones, la cámara gran angular 200 cubre un campo visual adecuado tanto para fines de videovigilancia y para identificar de forma general objetos de interés y en los casos en los que los objetos están relacionados con la escena general. La cámara gran angular puede fijarse de forma rígida al chasis del conjunto de dos cámaras, de tal forma que las coordenadas angulares de los objetos encontrados en su campo de visión correspondan a las coordenadas del conjunto de espejo móvil. En otros casos, la cámara gran angular puede estar conectada a un motor de paneo-inclinación que regula la orientación física de la cámara de acuerdo con coordenadas conocidas globales, de habitación o de imagen. La cámara gran angular 200 también incluye un sensor de imagen, lente y filtro óptico.

45 **[0029]** La cámara de teleobjetivo emplea una lente 235 que presenta una distancia focal considerablemente más larga que la de la cámara gran angular 200. La cámara de teleobjetivo proporciona imágenes de alta resolución y de gran calidad, necesarias para llevar a cabo un reconocimiento exacto de los objetos de interés. Mediante la utilización de las coordenadas de cada objeto de interés a partir de la imagen o de las imágenes de la cámara gran angular, el conjunto de espejo móvil 205 se ubica de manera que enfoca el eje óptico de la cámara de teleobjetivo hacia el objeto de interés. Adicionalmente, la información de brillo de la imagen de cámara gran angular, en combinación con la configuración de ganancia y exposición de la cámara gran angular, se utilizan para proporcionar una estimación en relación con la duración de exposición y la ganancia requeridas para capturar una imagen de gran calidad del objeto de interés. Opcionalmente, la información sobre el movimiento

del objeto de interés y el número de objetos de interés en la escena también puede utilizarse para regular la exposición y determinar cuántos fotogramas secuenciales del objeto de interés se capturan. Las imágenes de la cámara de teleobjetivo, a continuación, pueden ser digitalizadas y transmitidas al procesador de imagen de teleobjetivo para el reconocimiento.

5 **[0030]** En la figura 3, se ilustra un enfoque para identificar caras humanas en una escena 305 que contiene
diversas personas ubicadas a distintas distancias de la cámara. El vídeo de la escena completa 305 de la
cámara gran angular es analizado computacionalmente con uno o varios algoritmos de visión mediante
ordenador y/o de análisis de vídeo con el fin de localizar y seguir la posición de cabezas en el campo de visión
10 de la cámara. La ubicación de cada persona se utiliza entonces para dirigir el conjunto de espejo móvil para
enfocar el campo de visión de la cámara de teleobjetivo con el fin de obtener de forma rápida imágenes de alta
resolución de las caras de las personas en secuencia. La matriz de imagen 310 muestra imágenes capturadas
mediante la utilización de la cámara gran angular; estas imágenes no presentan la suficiente resolución para el
reconocimiento automático. La matriz de imagen 315 muestra imágenes capturadas mediante la utilización de la
cámara de teleobjetivo. La distancia focal más larga de la lente de la cámara de teleobjetivo permite la obtención
15 de imágenes faciales con una resolución mucho mayor, lo que permite el reconocimiento automático mediante la
utilización de algoritmos de reconocimiento facial existentes.

[0031] Al ordenarle al conjunto de espejo móvil que el campo de visión de la cámara de teleobjetivo enfoque a
una nueva ubicación en la escena 305 para cada nuevo fotograma de vídeo, los fotogramas de vídeo de cada
objeto pueden juntarse cronológicamente para producir una secuencia de vídeo única para cada objeto rastreado
20 315 en la escena 305 (en este caso, una cabeza o cara humanas). Puesto que la señal de vídeo de la cámara de
teleobjetivo se divide en diversas subseñales de vídeo de esta manera, cada subseñal presenta una velocidad de
fotograma que es aproximadamente igual que la velocidad de fotograma de la señal de la cámara de teleobjetivo
dividida por el número de objetos de interés que están siendo simultáneamente rastreados. De esta manera,
pueden crearse diversas señales de vídeo de alta resolución simultáneas de diferentes objetos de interés en una
25 escena a partir de una única señal de vídeo.

[0032] Los algoritmos de análisis de vídeo y de visión mediante ordenador también pueden utilizarse para
localizar e identificar diversos vehículos móviles en el campo de visión de la cámara gran angular. Al enfocar
entonces la cámara de teleobjetivo hacia la ubicación de cada una de las matrículas de vehículo en secuencia, el
sistema puede utilizarse para generar diversas señales de vídeo de alta resolución de matrículas,
30 correspondiendo cada una a un vehículo particular en la escena. Mediante la utilización de algoritmos de
reconocimiento de matrículas o de reconocimiento de caracteres ópticos, los modos de realización de la presente
invención pueden utilizarse, pues, para leer los caracteres de las matrículas.

[0033] Puede incluirse iluminación colimada de infrarrojos en el conjunto de cámara de teleobjetivo y enfocarse
mediante la utilización del mismo conjunto de espejo móvil que la cámara de teleobjetivo u, opcionalmente, un
segundo conjunto de espejo móvil. La fuente de iluminación puede ser un láser infrarrojo pulsado o uno o varios
diodos emisores de infrarrojos (LED). La emisión de impulsos de la fuente de iluminación también se sincroniza
35 con el ciclo de exposición de la cámara de teleobjetivo y, por lo tanto, con el movimiento del espejo. La
colimación de haces se alcanza mediante lentes ópticas y/o espejos.

[0034] Con el fin de redirigir rápidamente el eje óptico de la cámara de teleobjetivo, se emplean motores de alto
rendimiento. El conjunto de espejo móvil enfoca el eje óptico de la cámara de teleobjetivo hacia el objeto de
interés. Mediante la utilización de motores de alto rendimiento y de sensores de retroalimentación de
posición/ángulo, el conjunto controla tanto los ángulos horizontal y vertical del espejo con el fin de enfocar la
lente teleobjetivo a través de la escena. Debido al campo de visión enfocado de la cámara de teleobjetivo, el
sistema de redirección del espejo debe detenerse y estabilizarse completamente en una ubicación precisa
40 durante la captura de imágenes con el fin de obtener imágenes nítidas (no borrosas) de los objetos blanco en la
escena. Para alcanzar la estabilidad, la precisión de colocación y la repetibilidad necesarias para garantizar la
captura de imágenes no borrosas centradas en el objeto blanco, se emplean servomecanismos de muy alta
precisión.

[0035] En la figura 4, se muestra un servo giratorio en el que se utiliza un conjunto codificador de posición
magnética multicampo 400 con un anillo magnético multicampo 420 para proporcionar una colocación repetible
del conjunto de espejo del conjunto de espejo en una precisión de aproximadamente $\pm 2 \times 10^{-5}$ radianes. Con el
fin de desplazar el espejo lo suficientemente rápido como para detenerse y estabilizarse en el tiempo entre
exposiciones sucesivas de señales de vídeo, se utiliza un actuador potente 430 que presenta poca masa y/o
inercia para impulsar el árbol 410 conectado al conjunto de espejo de colocación. En algunos modos de
realización, se utiliza una bobina de voz giratoria para alcanzar la combinación necesaria de alta velocidad y
poca inercia y/o masa. La combinación de un actuador potente, con poca masa/inercia y un mecanismo detector
55 de precisión da lugar a los tiempos de recolocación de espejo cortos, que son necesarios para permitir que el
espejo enfoque un nuevo sujeto para cada nuevo fotograma de vídeo de campo.

5 **[0036]** Diversos conjuntos óptico-mecánicos pueden utilizarse para alcanzar el enfoque de precisión del espejo. En una implementación particular, se utiliza una unión de cadena cinemática cerrada para ubicar el espejo. Dos motores de bobina de voz, conectados por una cadena cinemática cerrada plana con cinco uniones, ubican el borde inferior del espejo en el plano horizontal. En el plano sagital, un punto central en el espejo es limitado para desplazarse verticalmente mediante la utilización de un cojinete o manguito de deslizamiento.

10 **[0037]** En una adaptación alternativa y, tal y como se muestra en la figura 5, las posiciones angulares de dos espejos (espejo de eje horizontal 515 y espejo de eje vertical 505) son controladas directamente por los árboles de salida de dos servoactuadores separados. Estos espejos forman un sistema de reflexión compuesto que enfoca el eje óptico de la cámara de teleobjetivo 500 de forma precisa en la escena. Debido al movimiento angular del primer espejo, el espejo más alejado de la cámara de teleobjetivo es, por lo general, considerablemente más grande que el espejo más cercano a la cámara de teleobjetivo. Asimismo, la pérdida de luz debido a los reflejos duplica la del sistema de unión tridimensional, en la que un único espejo lleva a cabo el enfoque de la cámara de teleobjetivo.

15 **[0038]** La disposición del espejo compuesto descrita anteriormente proporciona un medio de coste más bajo para dirigir de forma precisa el eje óptico de la cámara de teleobjetivo, con respecto a los conjuntos de enfoque de espejo más complejos que se muestran en las figuras 2, 6 y 7. También utiliza un número mínimo de partes y juntas móviles, que reduce la probabilidad de desgaste y de fallos a lo largo de la vida útil del conjunto. No obstante, un inconveniente de este enfoque es que la distorsión óptica provocada por los reflejos de compuesto a lo largo de dos espejos puede tener un impacto considerable en la calidad de imagen.

20 **[0039]** En otro modo de realización, mostrado en la figura 6, el espejo 610 está unido a un tubo de control de eje de guiñada y a una placa de base 650 por medio de una junta de bisagra 620. Mientras que el giro del tubo de guiñada controla la colocación alrededor del eje de guiñada del espejo, una varilla de empuje 640, que pasa a través del centro del tubo, controla el giro alrededor del segundo eje empujando una unión libre 630 o tirando de una unión libre 630 que, a su vez, hace que el espejo gire alrededor de la junta de bisagra 620.

25 **[0040]** En otro modo de realización y, tal y como se muestra en la figura 7, un mecanismo de cadena cinemática cerrado y esférico con cinco uniones proporciona control simultáneo de dos posiciones de espejo angulares e independientes entre sí. En esta configuración, servo 1 (740) y servo 2 (750) son fijos, y crean una unión de base virtual entre sí (unión 1). Servo 1 (740) impulsa un anillo exterior 700 (unión 2), que ubica un eje angular del espejo. Servo 2 (750) impulsa un brazo oscilante 730, que hace que el anillo interior 720 ubique un segundo eje de la posición del espejo independientemente del primer eje. Los árboles de salida de servo 1 y de servo 2 pueden formar cualquier ángulo, siempre y cuando los ejes de todas las juntas angulares se crucen en un único punto. No obstante, en un modo de realización preferido, estos ejes forman un ángulo inferior a 90 grados, por ejemplo, 60 grados, de tal forma que el espejo 710 pueda sobresalir de un agujero en el cerramiento. Este enfoque proporciona los medios para impulsar un único espejo, de tal forma que se reduce la pérdida de luz y la distorsión óptica al tiempo que la complejidad mecánica sigue siendo mínima.

35 **[0041]** En la figura 8, se muestran las etapas que implementan una técnica particular para ubicar e identificar objetos en una escena, que incluye una fase de procesamiento de imagen de gran angular 800 y una fase de procesador de imagen de teleobjetivo 805.

40 **[0042]** En la fase de imagen de gran angular 800, los objetos de interés candidatos son identificados (etapa 815) a partir de una imagen de gran angular de baja resolución de la escena obtenida en la etapa 810. Debido a la baja resolución y calidad de esta imagen, esta fase puede producir objetos candidatos falsos además de los auténticos. Para cada objeto candidato, las coordenadas angulares del objeto, junto con su brillo en la imagen, son grabadas junto con la exposición y la ganancia de la cámara (etapa 820). Mediante la utilización de esta información grabada, los objetos son etiquetados y rastreados a lo largo del tiempo (etapa 825), que permite la eliminación de algunas ubicaciones candidatas falsas a partir de la retroalimentación del proceso de imagen de teleobjetivo (etapa 822) así como la predicción de la ubicación del objeto candidato en los siguientes nuevos fotogramas (etapa 825).

45 **[0043]** Una vez se haya ubicado y rastreado un objeto candidato para un número de fotogramas, sus coordenadas del siguiente fotograma previstas y la información de brillo son proporcionadas al procesador de imagen de teleobjetivo. Mediante la utilización de la información de brillo, así como la información sobre su propio camino óptico, se calcula el nivel deseado de exposición y ganancia necesario para obtener una imagen de gran calidad del objeto (etapa 830). A continuación, se determina la posición requerida del espejo y se envían órdenes al conjunto de espejo de control junto con la exposición y ganancia solicitadas (etapa 835). Tras una pequeña demora hasta que se establezca el espejo (etapa 840), se dispara el *flash* (etapa 845) y se obtiene la imagen.

55 **[0044]** Una vez se obtiene una imagen en la ubicación de objeto candidato (etapa 850), se determina la presencia (o, en algunos casos, la ausencia) del objeto de interés en el fotograma de vídeo (etapa 855). Pueden

utilizarse diversos algoritmos de procesamiento de imagen para la detección de objetos (como Scale Invariant Feature Transform (SIFT), clasificadores en cascada de Haar, filtrado de borde y heurística) para confirmar o refutar la presencia de un objeto de interés. Si el objeto ya no está presente en la imagen, se envía una respuesta al proceso de imagen de gran angular (etapa 822) con el fin de eliminar el objeto rastreado falsamente.

5 [0045] Si se detecta la presencia de un objeto de interés, puede producirse un procesamiento adicional con el fin de reconocer, leer o clasificar este objeto en el proceso de imagen de teleobjetivo (etapa 865). Con el fin de reconocer, leer o clasificar el objeto de interés, se utiliza visión mediante ordenador y algoritmos de procesamiento de vídeo existentes.

10 [0046] La configuración de exposición de la cámara de teleobjetivo (ganancia y tiempo de exposición) puede controlarse a partir de la retroalimentación del módulo de procesamiento de imagen de la cámara gran angular, que trata de cuantificar el brillo de cada objeto blanco en una escena. A continuación, esta información puede utilizarse para establecer las propiedades de exposición de la cámara de teleobjetivo de manera diferente para cada objeto en una escena con el fin de obtener imágenes de alto contraste.

15 [0047] En la figura 9, se ilustra gráficamente el ritmo relativo de diversos componentes que se produce como resultado de la implementación del proceso que se describe en la figura 8. La señal de vídeo 930 es periódica por naturaleza, con periodos de sincronización verticales 980 siendo precedidos y seguidos de fotogramas de vídeo 990. De forma sincronizada, la exposición de imagen 920 se produce en un momento fijo en relación con cada periodo de sincronización vertical 980. Por lo tanto, mediante la utilización del periodo de sincronización vertical como referencia de tiempo fija, los cambios en las posiciones de servomotor de guiñada 940 y de cabeceo 950 de espejo pueden controlarse de tal forma que estén completas y los motores sean inmóviles (lo que deja el tiempo suficiente para salirse de la posición 960) un intervalo de tiempo 970 antes del comienzo de la exposición 910. De esta manera, la cámara de teleobjetivo puede obtener imágenes no borrosas debido al movimiento del conjunto de espejo móvil. Al mismo tiempo, mediante la reducción del margen estable de espejo 970 a un valor positivo mínimo, se le deja el tiempo máximo al conjunto de espejo móvil para completar sus movimientos entre exposiciones de imagen sucesivas sin degradación de la calidad de la imagen.

20

25

[0048] Diversos componentes funcionales descritos anteriormente pueden implementarse como componentes de *software* autónomos o como módulo funcional único. En algunos modos de realización, los componentes pueden dejar a un lado partes de las etapas de captura de imagen de memoria de acceso aleatorio de ordenador, procesamiento de imagen y control de espejo, que se han descrito anteriormente. En dicho modo de realización, el programa o los programas puede(n) escribirse en cualquiera de una serie de lenguajes de alto nivel, tal como FORTRAN, PASCAL, C, C++, C#, Java, Tcl, PERL o BASIC. Asimismo, el programa puede escribirse en una secuencia de comandos, macro o integrarse la funcionalidad en *software* disponible en el mercado, tal como EXCEL o VISUAL BASIC.

30

[0049] De forma adicional, el *software* puede implementarse en un lenguaje ensamblador dirigido a un microprocesador residente en un ordenador. Por ejemplo, el *software* puede implementarse en lenguaje ensamblador Intel 80x86 si está configurado para ejecutarse en un PC de IBM o clon de PC. El *software* puede integrarse en un artículo manufacturado, incluidos, pero sin carácter limitativo, medios de programa legibles por ordenador, tales como un disquete, un disco duro, un disco óptico, una cinta magnética, un PROM, un EPROM o CD-ROM.

35

40

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para detectar y seguir el movimiento de objetos de interés en una escena (305), comprendiendo el dispositivo:
 - 5 una cámara gran angular (105, 200) configurada para obtener una imagen de la escena y, de manera simultánea, detectar una pluralidad de objetos de interés en la escena (305);
 - una cámara de teleobjetivo (120, 240) configurada para obtener secuencialmente una imagen de alta resolución de cada uno de los objetos de interés;
 - un conjunto de espejo móvil (110, 205) para regular un objetivo de la cámara de teleobjetivo;
 - 10 un procesador de imagen (165, 185) configurado para: (a) para cada nuevo fotograma de vídeo obtenido por la cámara de teleobjetivo (i) identificar una ubicación de uno de la pluralidad de objetos de interés en la escena (305) mediante la utilización de la imagen obtenida por la cámara gran angular y (ii) controlar el movimiento del conjunto de espejo (110, 205) de tal forma que la cámara de teleobjetivo (120, 240) enfoque al uno de la pluralidad de objetos de interés y (b) crear una única secuencia de vídeo de las imágenes de alta resolución de cada uno de la pluralidad de objetos de interés,
 - 15 donde una señal de la cámara de teleobjetivo (120, 240) correspondiente a la única secuencia de vídeo se divide en una pluralidad de subseñales, presentando cada subseñal una velocidad de fotograma aproximadamente igual a una velocidad de fotograma de la señal de la cámara de teleobjetivo dividida por un número de la pluralidad de objetos de interés y la única secuencia de vídeo comprende una pluralidad de subvídeos, comprendiendo cada uno una pluralidad de fotogramas de vídeo de alta resolución y correspondiente a uno de los objetos de interés.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que también comprende un procesador (196) para ejecutar un programa ejecutable por ordenador para identificar cada uno de los objetos de interés a partir de las imágenes de alta resolución.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conjunto de espejo (110, 205) coloca un *flash* de infrarrojos colimado (115) para la iluminación dirigida de los objetos de interés, comprendiendo el *flash* de infrarrojos colimado, bien un láser infrarrojo pulsado o uno o más diodos emisores de infrarrojos (LED).
4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conjunto de espejo móvil (110, 205) comprende codificadores de anillo magnéticos angulares (400).
5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, que también comprende dos motores de bobina de voz (210) conectados por una cadena cinemática cerrada plana con cinco uniones (700, 720, 730, 740, 750) que, cuando se activan, permiten al conjunto de espejo moverse alrededor de dos grados de libertad giratorios.
6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, que también comprende un cojinete de deslizamiento que limita un punto central en el conjunto de espejo en un plano sagital.
7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conjunto de espejo móvil (110, 205) comprende dos espejos que son controlados, cada uno, por motores independientes.
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conjunto de espejo móvil (110, 205) comprende una superficie reflectante deformable, cuya forma es controlada por un conjunto de actuadores.
9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conjunto de espejo móvil también comprende un tubo (650), una junta de pivote (620) y una varilla de empuje (640) para controlar la colocación del conjunto de espejo alrededor de un primer y un segundo ejes.
10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que también comprende un sensor dirigido configurado para identificar únicamente el objeto de interés donde el sensor dirigido detecta e identifica uno o más números electrónicos de serie (ESN) de teléfono móvil, códigos de Identidad Internacional del Equipo Móvil (IMEI), y direcciones MAC 802.15 (Bluetooth).
- 45 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que también comprende un módulo de compresión de vídeo (150).
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el procesador de imagen (165, 185) también está configurado para regular la ganancia de vídeo y parámetros de exposición de las imágenes capturadas.
- 50 13. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el procesador de imagen (165, 185) también está configurado para detectar características anatómicas humanas en el campo de visión de la cámara gran

angular con el fin de dirigir el campo de visión de la cámara de teleobjetivo, facilitando de esta manera el reconocimiento facial humano.

5 **14.** Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el procesador de imagen (165, 185) también está configurado para detectar caracteres en una matrícula en el campo de visión de la cámara gran angular con el fin de dirigir el campo de visión de la cámara de teleobjetivo.

15. Procedimiento para identificar y seguir el movimiento de una pluralidad de objetos de interés en una escena (305), comprendiendo el procedimiento:

obtener (810) una imagen de la escena con un primer sensor de imagen, donde el primer sensor de imagen comprende una cámara gran angular (105) que enfoca la escena (305);

10 (a) para cada nuevo fotograma de una pluralidad de fotogramas de vídeo obtenidos por un segundo sensor de vídeo:

(i) detectar (815) una ubicación de uno de la pluralidad de objetos de interés en la escena en la imagen obtenida por el primer sensor de imagen

15 (ii) regular mecánicamente un conjunto de espejo (110) de tal forma que la ubicación detectada del uno de la pluralidad de objetos de interés sea presentada al segundo sensor de imagen (120); y

(b) obtener (850) imágenes de la pluralidad de objetos con el segundo sensor de imagen (120), donde las imágenes de los objetos presentan una resolución considerablemente superior que la imagen de la escena;

20 crear una única secuencia de vídeo de las imágenes de alta resolución de cada uno de la pluralidad de objetos de interés, donde una señal del segundo sensor de imagen (120) correspondiente a la única secuencia de vídeo se divide en una pluralidad de subseñales, presentando cada subseñal una velocidad de fotograma aproximadamente igual a una velocidad de fotograma de la señal del segundo sensor de imagen dividida por un número de la pluralidad de objetos de interés y la única secuencia de vídeo comprende una pluralidad de subvídeos, comprendiendo cada uno una pluralidad de fotogramas de vídeo de alta resolución y correspondientes a uno de los objetos de interés, e

25 identificar el objeto.

16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, que también comprende calcular (820) coordenadas angulares de las ubicaciones de los objetos de la imagen.

30 **17.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, que también comprende regular la conformación del conjunto de espejo (110) con el fin de dirigir el campo de visión del segundo sensor de imagen (120) hacia los objetos.

18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, donde las regulaciones del conjunto de espejo (110) comprenden regular las posiciones angulares del conjunto de espejo en dos grados de libertad.

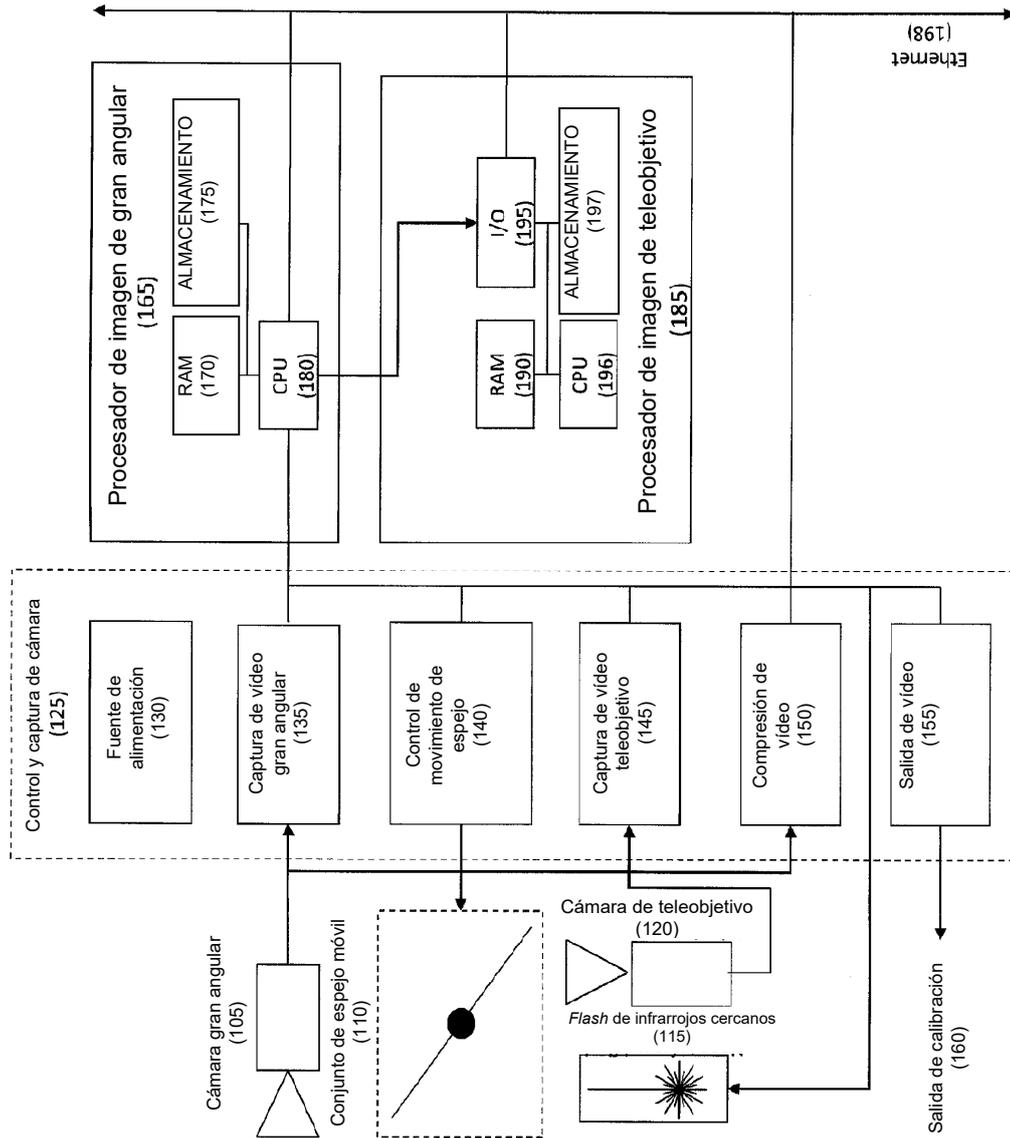


FIG. 1

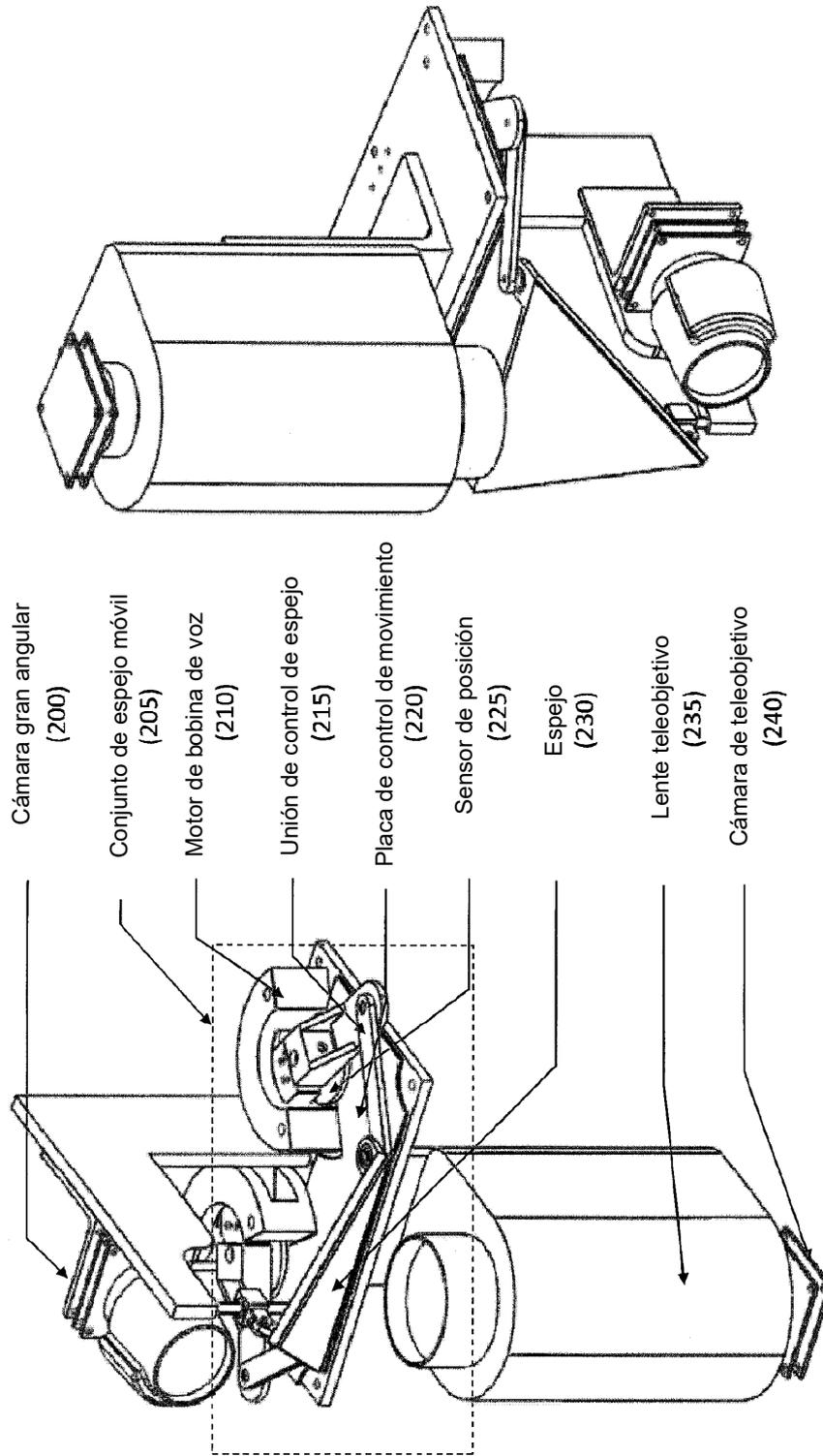


FIG. 2

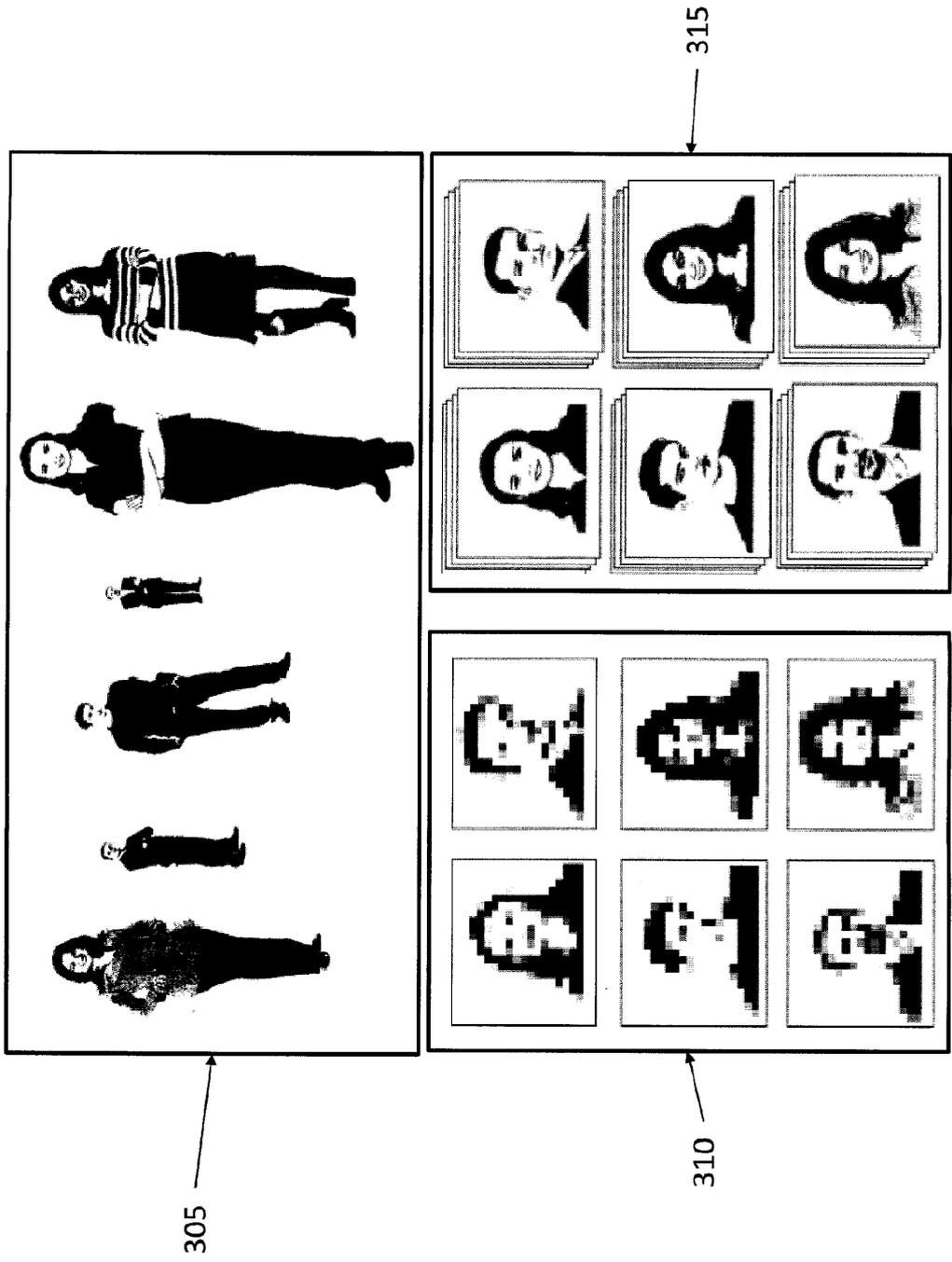


FIG. 3

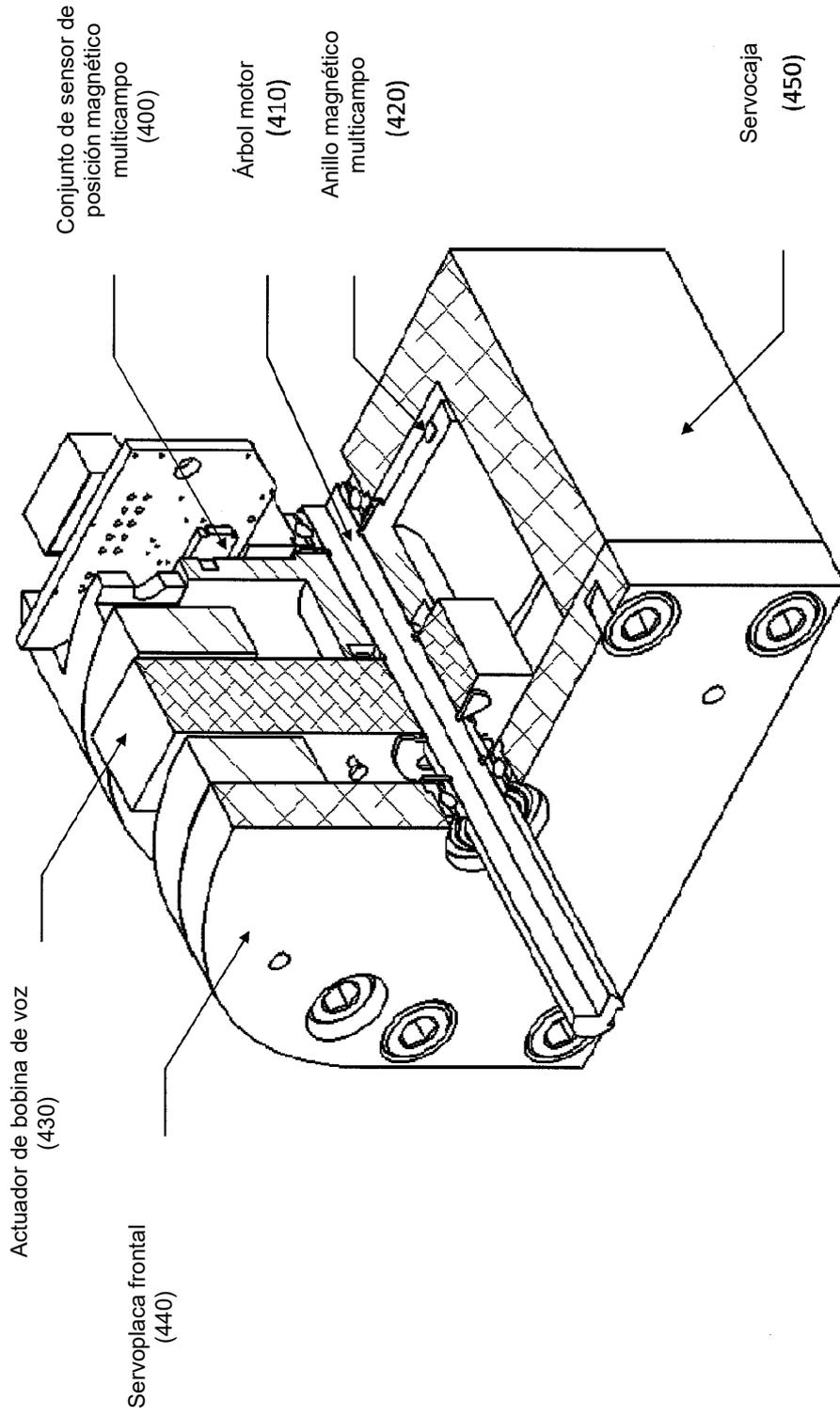


FIG. 4

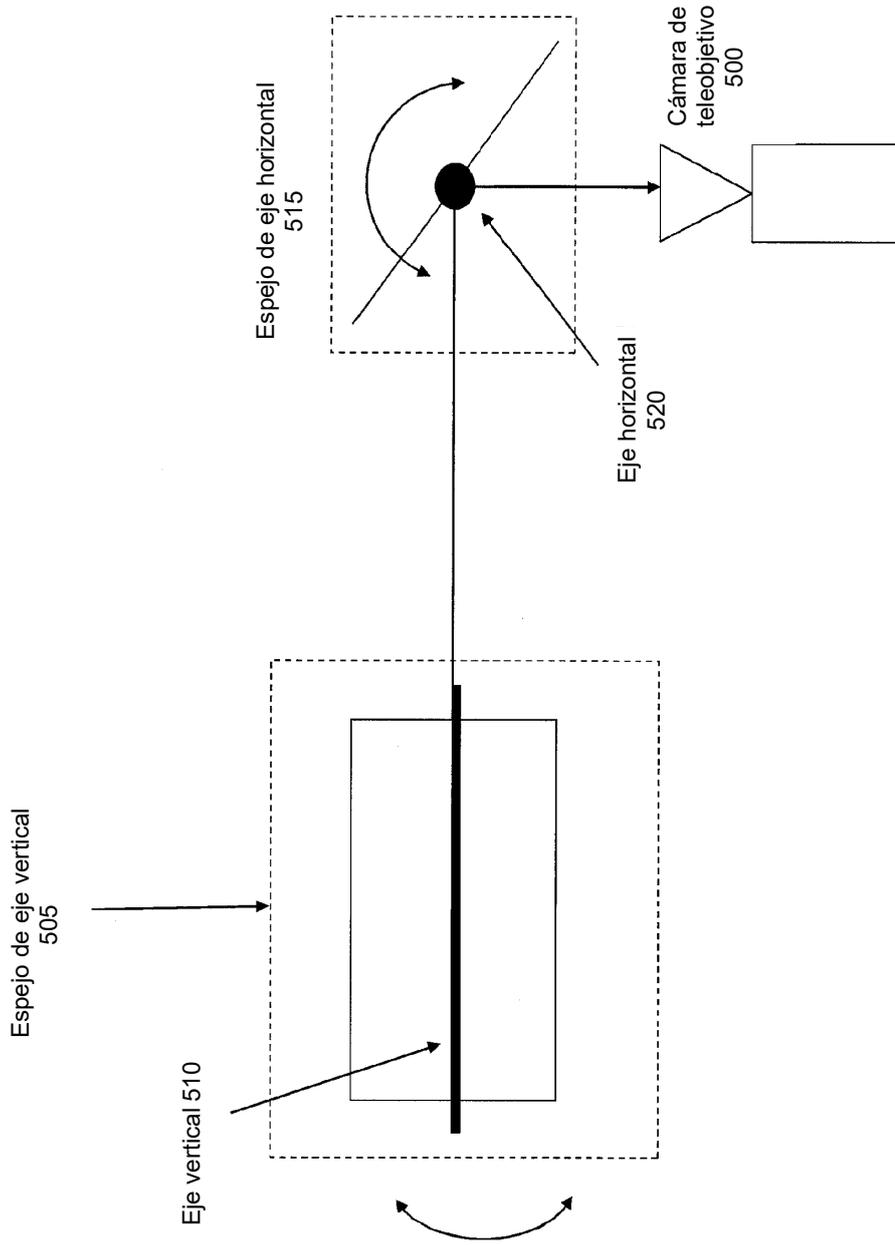


FIG. 5

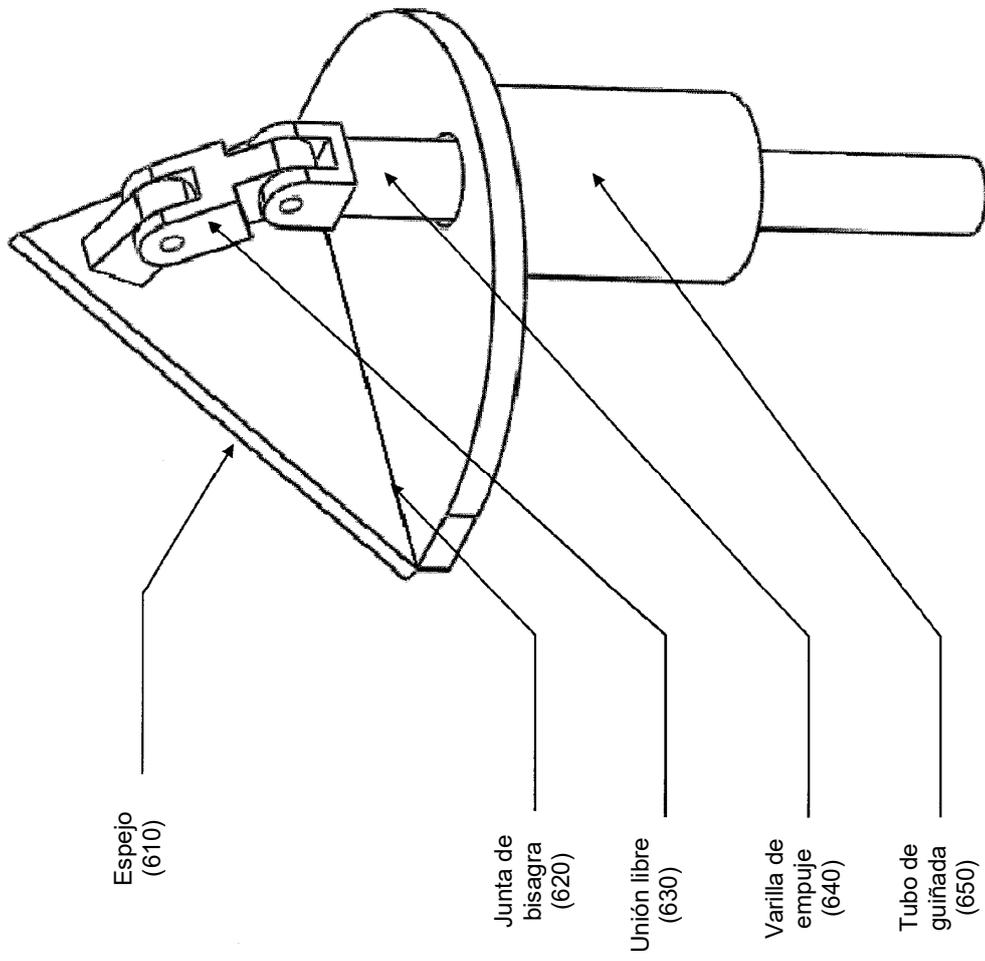


FIG. 6

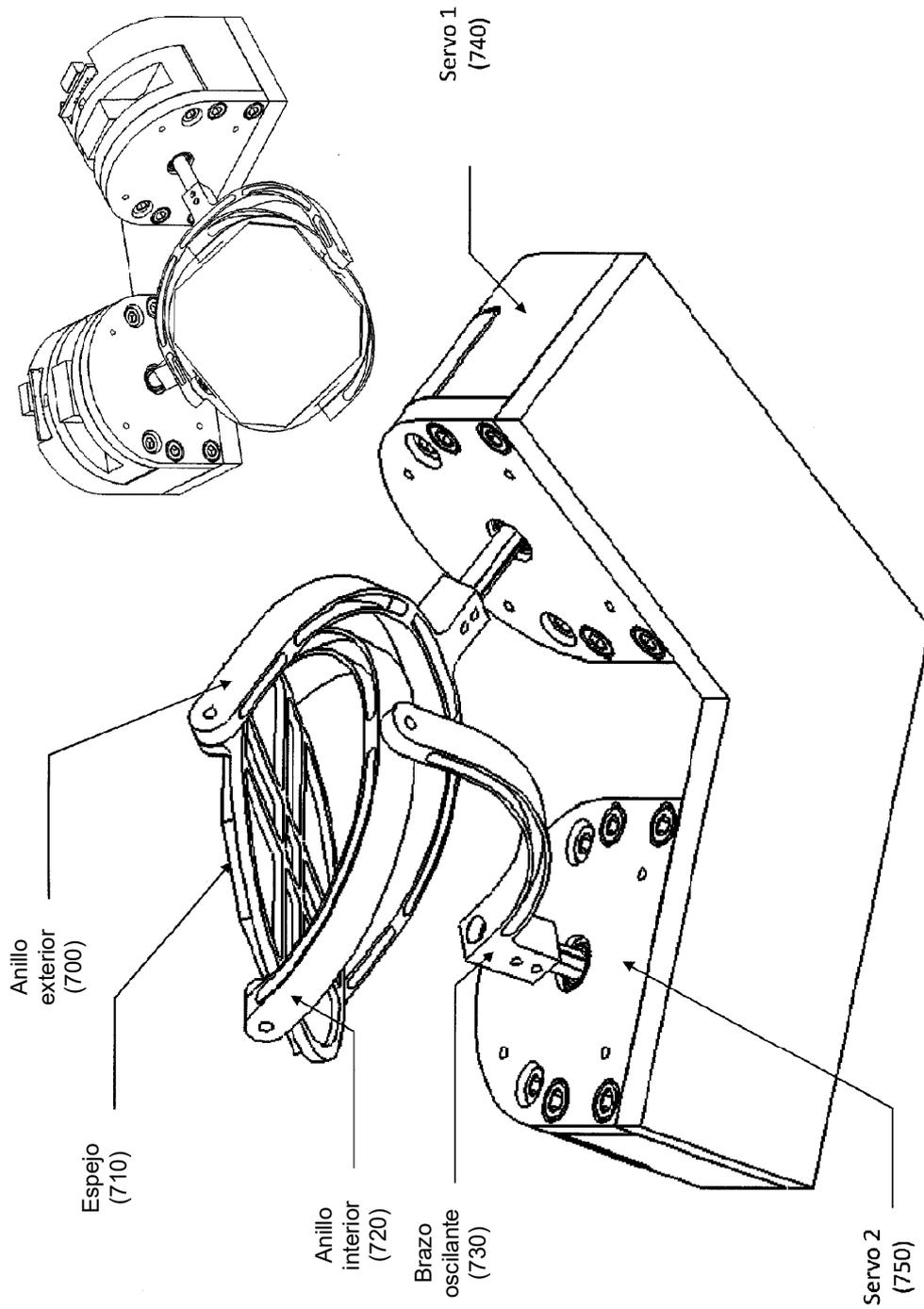


FIG. 7

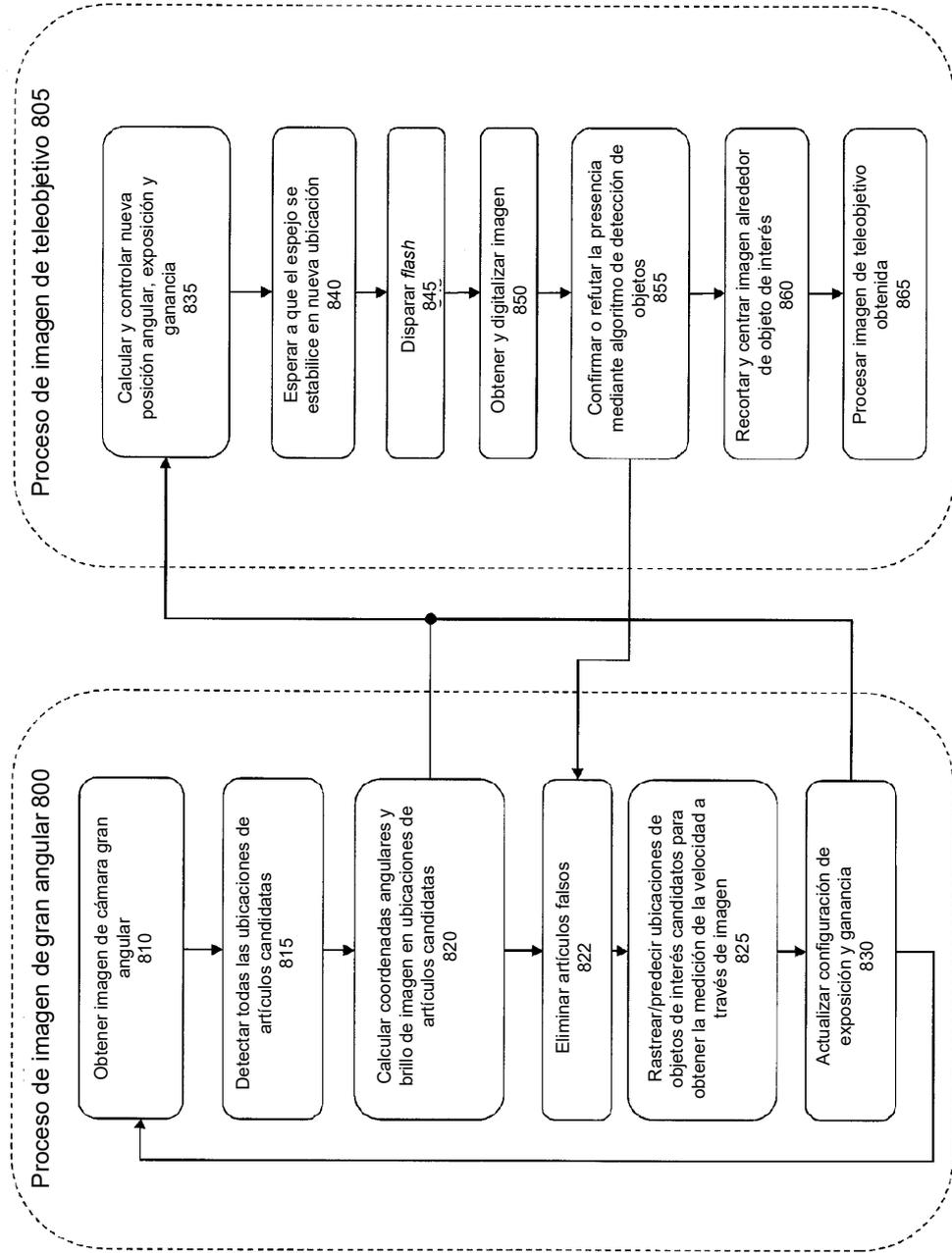


FIG. 8

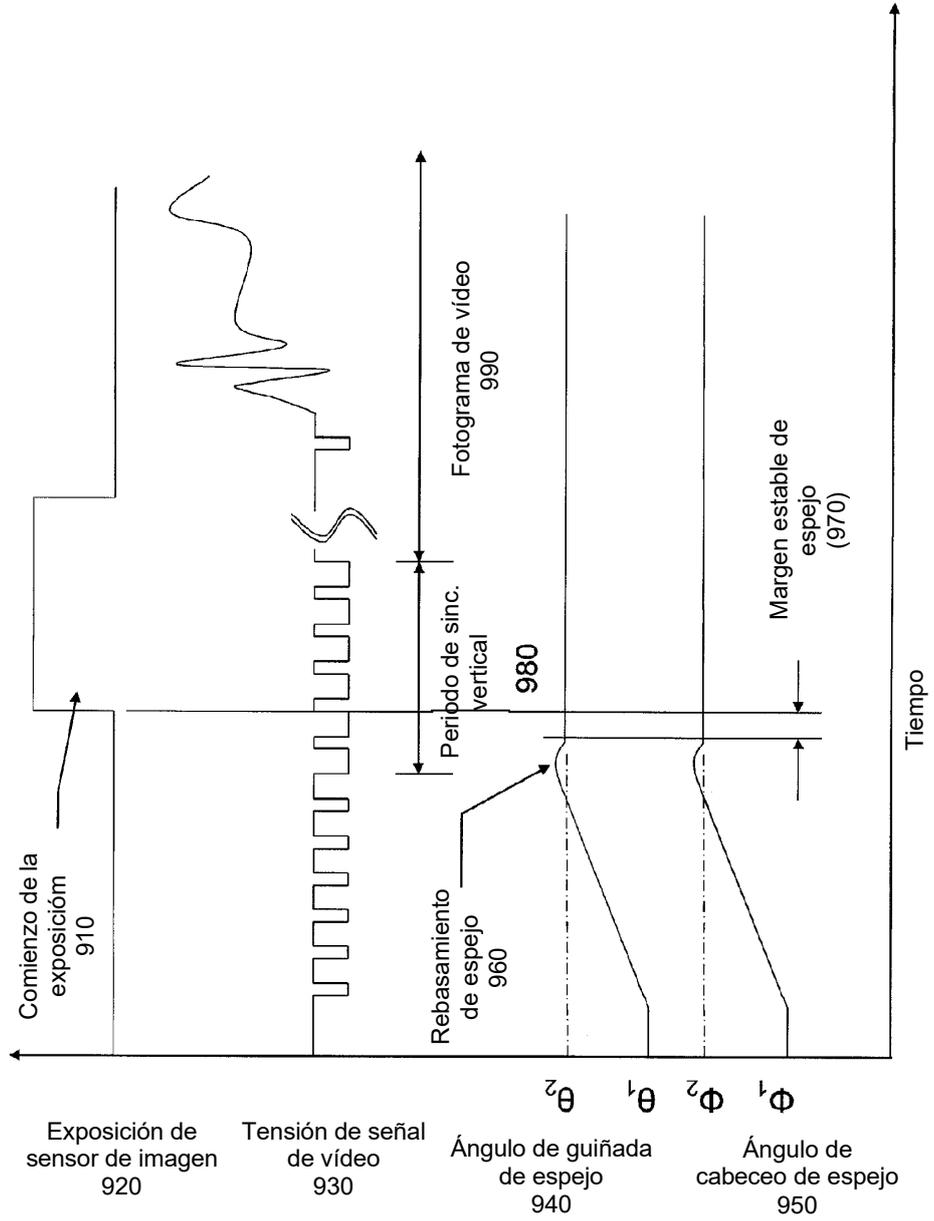


FIG. 9