

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 679 743**

51 Int. Cl.:

**G02B 27/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2010** **E 10001834 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 2362261**

54 Título: **Escaneo y procesamiento de imágenes en tiempo real**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.08.2018**

73 Titular/es:

**ELBIT SYSTEMS LTD. (100.0%)  
Advanced Technology Center Hof Hacarmel P.O.  
Box 539  
31053 Haifa, IL**

72 Inventor/es:

**RORBERG, ELI;  
OPHIR, YOAV y  
BLOCH, ASAF**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 679 743 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

Escaneo y procesamiento de imágenes en tiempo real

**Campo de la técnica descrita**

5 La técnica descrita se relaciona con registro espacial y latencia de eventos en general, y con los métodos y sistemas para procesar y escanear datos de imágenes con mínima latencia de imagen, en particular.

**Antecedentes de la técnica descrita**

10 El reflejo vestibulo-ocular (en este documento abreviado como VOR) es un reflejo del ojo humano por el cual el movimiento de la cabeza causa movimiento de los ojos en una dirección opuesta (esto es, a la de la cabeza). A medida que la cabeza se mueve, los canales semicirculares en los oídos, que están ubicados espacialmente en tres planos perpendiculares, envían señales al cerebro indicativas de la velocidad y la aceleración de la cabeza en todas las direcciones. El cerebro entonces envía señales a los músculos del ojo para moverse en una dirección opuesta a la dirección del movimiento de la cabeza. El VOR resulta en una imagen estabilizada en la retina del ojo a medida que la cabeza se mueve y permite a los ojos permanecer alineados y enfocados en un objeto aun mientras la cabeza se mueve.

15 La referencia se hace ahora a la Figura 1A, que es una ilustración del reflejo vestibulo-ocular, como se conoce en la técnica. En la Figura 1A, una persona en la posición 10, está mirando con su ojo 20, a un objeto 12. La persona en la posición 10 tiene una línea de visión (en este documento abreviado como LOS) representada por una flecha 26 (se observa que en las Figuras 1A-1D, las líneas de visión serán representadas por flechas de doble cabeza, mientras que los rayos de luz dirigidos hacia el ojo de una persona serán representados por flechas de cabeza simple). A medida que la persona mueve su cabeza hacia arriba desde la posición 10, representada por la posición 20, y hacia abajo, representada por la posición 18, debido al VOR, sus ojos se mueven en una dirección opuesta al movimiento de su cabeza para mantener su LOS dirigida hacia el objeto 12. Por ejemplo, en la posición 16, donde la persona tiene su cabeza arriba, su ojo 22 está mirando hacia abajo, de forma tal que su LOS 28 permanece alineada en el objeto 12. En la posición 18, donde la persona tiene su cabeza abajo, su ojo 24 está mirando arriba, de forma tal que su LOS 30 permanece alineada en el objeto 12. Debido al VOR, la persona verá una imagen 14 estabilizada del objeto 13, que está enfocada y no borrosa, movida o vibrada. Se observa que el VOR es un reflejo humano rápido, tiene un tiempo de respuesta de menos de 10 milisegundos, y puede estabilizar imágenes en la retina del ojo para cambios en la velocidad de la cabeza de hasta 500 grados por segundo. Dado que el VOR es un reflejo rápido, el cerebro de una persona generalmente espera que las imágenes percibidas por los ojos sean estabilizadas en la retina, (esto es a medida que la cabeza se mueve, las imágenes percibidas por los ojos no se mueven). Esta expectativa general puede ser denominada "comportamiento del mundo real" pues las imágenes percibidas por los ojos de una persona que son originadas en el mundo real (en oposición a las generadas o producidas por un sistema de video) son normalmente estabilizadas.

35 La referencia se hace ahora a la Figura 1B, que es otra ilustración del reflejo vestibulo-ocular, como se conoce en la técnica. En la Figura 1B, una persona en la posición 50 está mirando con su ojo 70 a un objeto 52, a lo largo de una LOS 76. Una unidad 56 de proyección, que puede ser, por ejemplo, un elemento de representación de cabeza alta (en este documento abreviado como HUD), también proyecta una imagen al ojo 70. La imagen puede ser, por ejemplo, un punto de mira, niveles de altitud de un avión o cualquier otro símbolo conocido proyectado a un operador en un vehículo. La imagen proyectada al ojo 70 desde la unidad 56 de proyección es superpuesta en la imagen que el ojo 70 ve a lo largo de la LOS 76. Se observa que la unidad 56 de proyección no está unida físicamente a la persona. La unidad 56 de proyección proyecta la imagen a lo largo de un eje 82 hacia un espejo 57, que ha sido tratado con un tratamiento semi reflectivo que hace espejo 57 un combinador, como se conoce en la técnica. El tratamiento semi reflectivo permite que el ojo 70 vea una imagen proyectada en el espejo 57 así como imágenes ubicadas más allá del espejo 57.

45 Cuando la imagen choca en el espejo 57, la imagen es dirigida hacia el ojo 70 a lo largo de un eje 84. A medida que la persona en la posición 50 mueve su cabeza hacia arriba, representado por la posición 66, y hacia abajo, representado por la posición 68, debido al VOR, los ojos de esa persona se mueven en una dirección opuesta al movimiento de su cabeza, para mantener su LOS dirigida hacia el objeto 52. Por ejemplo, la persona en la posición 66, que tiene su cabeza arriba, tiene su ojo 72 mirando hacia abajo, de forma que su LOS 78 permanece alineada en el objeto 52. Y la persona en la posición 68, que tiene su cabeza abajo, tiene su ojo 74 mirando hacia arriba, de forma que su LOS 80 permanece alineada en el objeto 52. Dado que la imagen proyectada a lo largo del eje 82 choca con el espejo 57 en una ubicación particular, entonces a medida que la persona en la posición 66 y 68 mira a través del espejo 57 hacia el objeto 52, en cada posición verá la imagen proyectada desde la unidad 56 de proyección a lo largo de un eje particular, respectivamente un eje 78 y un eje 80. Debido al VOR, la imagen de la unidad 56 de proyección también estará estabilizada en la retina. Por lo tanto, la imagen 54 vista por la persona será estabilizada, de forma que un objeto 64 es visto enfocado, y las imágenes proyectadas desde la unidad 56 de proyección se verán también enfocadas, tal como un punto de mira 60, un marcador 62 objetivo y un indicador 58 de nivel.

La referencia se hace ahora a la Figura 1C, que es otra ilustración del reflejo vestíbulo-ocular, como se conoce en la técnica. En la Figura 1C, una persona en la posición 100 está mirando con su ojo 108 a un objeto 112, a lo largo de una LOS 110. La persona está llevando un casco 102. El casco 102 incluye una unidad 104 de proyección, que está físicamente acoplada con el casco, y un visor 106, que ha sido tratado con un tratamiento semi reflectivo que hace del visor 106 un combinador, como se conoce en la técnica. La unidad 104 de proyección y el visor 106 son referidos de manera conjunta en la técnica como un elemento de representación montado en un casco (en este documento abreviado como HMD). La unidad 104 de proyección puede proyectar una imagen al ojo a lo largo de un camino 111 óptico hacia el ojo 108. La imagen puede ser, por ejemplo, un punto de mira, niveles de altitud de un avión o cualquier otra simbología conocida proyectada a un operador de un vehículo.

A medida que la persona en la posición 100 mueve su cabeza hacia arriba, representado por la posición 118, y hacia abajo, representado por la posición 132, debido al VOR, sus ojos se mueven en una dirección opuesta al movimiento de su cabeza para mantener su LOS dirigida hacia el objeto 112. Por ejemplo, la persona en la posición 118, que tiene su cabeza arriba, tiene su ojo 128 mirando hacia abajo, de forma que su LOS 130 permanece alineada en el objeto 112. Y la persona en la posición 132, que tiene su cabeza abajo, tiene su ojo 142 mirando hacia arriba, de forma que su LOS 144 permanece alineada en el objeto 112. Dado que la unidad 104 de proyección está acoplada con el casco 102, y por lo tanto se mueve mientras la persona mueve su cabeza, la imagen proyectada a lo largo del eje 111 se moverá con su cabeza y aparecerá borrosa en la retina del ojo 108. Por ejemplo, dado que la persona en la posición 118 mueve su cabeza hacia arriba, y por lo tanto instintivamente gira su ojo 128 hacia abajo para permanecer alineado en el objeto 112, la unidad 122 de proyección proyecta una imagen a lo largo de un camino 126 óptico, que es reflejado por un visor 124 y choca en la parte superior de la retina del ojo 128. Y dado que la persona en la posición 132 mueve su cabeza hacia abajo, y por lo tanto instintivamente gira su ojo 142 hacia arriba para permanecer alineado en el objeto 112, la unidad 136 de proyección proyecta una imagen a lo largo de un camino 140 óptico, que es reflejado por un visor 138 y choca en la parte inferior de la retina del ojo 142.

Como resultado del VOR, la imagen 114 vista por el ojo 108 estará parcialmente estabilizada. El objeto 116 estará enfocado, pues el VOR ajusta la LOS del ojo 108 de forma que siempre permanece alineada en el objeto 112. Sin embargo, dado que la unidad 104 de proyección se mueve mientras la persona mueve su cabeza, un indicador 146 de nivel, un punto de mira 148 y un marcador 150 de objetivo se moverán también con su cabeza dado que el camino óptico desde la unidad de proyección hacia el ojo no coincidirá con el camino óptico al que el ojo mirará mientras permanece alineado con el objeto 112. Esto resultará en un indicador 146 de nivel, punto de mira 148 y marcador 150 de objetivo que aparecerán borrosos en la retina del ojo. Se observa que este no era el caso en la Figura 1B, donde el camino óptico al que mirará el ojo, como permanece alineado en el objeto 52, coincide con el camino óptico a lo largo del cual la unidad 56 de proyección proporciona una imagen. Otra razón por la que la simbología aparece borrosa en la retina del ojo es que la persona espera comportamiento de mundo real en cuanto al indicador 146 de nivel, punto de mira 148 y marcador 150 de objetivo. Dado que el VOR de la persona instintivamente mueve sus ojos, que están mirando al objeto 112, en una dirección opuesta a la dirección del movimiento de su cabeza, la simbología proyectada en el visor 106 no será estabilizada por el VOR. En efecto, la simbología proyectada en el visor 106 se moverá mientras la cabeza de la persona se mueve desde la posición 100 a las posiciones 118 y 132 respectivamente. Por lo tanto tal simbología no será percibida como otras imágenes como percibidas normalmente en el mundo real, por ejemplo el objeto 112, que resulta en una simbología percibida que está borrosa o movida. La simbología borrosa percibida por el ojo de la persona puede también causar efectos no deseados, tal como cinetosis y provocar que observar, elegir un blanco y apuntar un arma sea muy difícil.

La referencia se hace ahora a la Figura 1D, que es otra ilustración del reflejo vestíbulo-ocular, como se conoce en la técnica. En la Figura 1D, una persona en la posición 180 está mirando con su ojo 188 a una imagen proyectada de un objeto 192, a lo largo de una LOS 190. La persona 180 está llevando un casco 182. El caso 182 incluye una unidad 184 de proyección, que está físicamente acoplada con el casco, y un visor 186, que ha sido tratada con un tratamiento semi reflectivo que hace del visor 186 un combinador, como se conoce en la técnica. La unidad 184 de proyección puede proyectar una imagen al ojo a lo largo de un camino 191 óptico hacia el ojo 188. La imagen puede ser, por ejemplo, un punto de mira, niveles de altitud de un avión o cualquier otra simbología conocida proyectada a un operador de un vehículo. Dado que la escena exterior vista por la persona en la posición 180 es oscura, y como tal, el ojo 188 no puede percibirla, la unidad 184 de proyección también proyecta una imagen intensificada de luz del objeto 192. La imagen intensificada de luz puede también ser una imagen FLIR (infrarrojo de barrido frontal), una imagen ICCD (dispositivo de carga acoplada intensificado), una imagen de visión nocturna y similar.

A medida que la persona en la posición 180 mueve su cabeza hacia arriba, representado por la posición 198, y hacia abajo, representado por la posición 212, dado que la única imagen que la persona percibe es la imagen proyectada en el visor 186, la persona moverá sus ojos según los movimientos de su cabeza para mantener sus ojos alineados en la imagen de intensificada de luz del objeto 192. Por ejemplo, la persona en la posición 198, que tiene su cabeza arriba, tiene su ojo 208 mirando arriba, de forma que su LOS 210 permanece alineada en la proyección del objeto 192 en su visor 204. La persona en la posición 212, que tiene su cabeza abajo, tiene su ojo 222 mirando hacia abajo, de forma que su LOS 224 permanece alineada en la proyección del objeto 192 en su visor 218. Dado que la unidad 184 de proyección está acoplada con el casco 182, y por lo tanto se mueve a medida que la persona mueve su cabeza, la imagen proyectada a lo largo del eje 191 se moverá con su cabeza- Dado que la imagen proyectada se mueve con el movimiento de la cabeza de la persona, la imagen proyectada no estará estabilizada en la retina del ojo. Como se mencionó con referencia a la Figura 1C, una persona espera un comportamiento del mundo real de las

imágenes percibidas por los ojos, tanto si son del mundo real o de un sistema de video. En la Figura 1D, el VOR no puede estabilizar la imagen proyectada en el visor 186 pues la misma imagen está moviéndose constantemente según los movimientos de la cabeza.

5 Como resultado, el objeto 196, que es proyectado desde la unidad 184 de proyección, estará desenfocado, borroso y movido, pues el VOR no puede ajustar la LOS del ojo 188 de forma que permanezca siempre alineada en una imagen proyectada fija del objeto 192 que se está moviendo constantemente. También, dado que la unidad 184 de proyección se mueve mientras que la persona mueve su cabeza, un indicador 226 de nivel, un marcador 228 de objetivo y un punto de mira 230 también se verán borrosos. Se observa que en la situación de las imágenes de la Figura 1D, donde un operador de un vehículo "ve" a través de una imagen proyectada en su ojo y no mediante visión  
10 directa, la imagen proyectada al ojo del operador puede causar efectos indeseados, tal como cinetosis y provocar que observar, elegir un blanco y apuntar un arma sea muy difícil. En particular, cuando la escena vista por el operador es oscura, la posibilidad de cinetosis en el operador aumenta, dado que el operador espera que su VOR estabilice la imagen proyectada. Como se explicó anteriormente, su VOR, en la práctica, no será capaz de estabilizar la imagen proyectada, y por lo tanto, dado que la imagen estará borrosa, la posibilidad de cinetosis  
15 aumenta.

En la situación de las imágenes de la Figura 1D, dado que la imagen proyectada en el visor 186 no permanece quieta, el VOR de la persona no puede estabilizar la imagen del objeto 192. Además, en la práctica, dado que la persona puede estar en un vehículo, por ejemplo, un avión, que vibra y resuena (debido a, por ejemplo, ráfagas de  
20 aire que pasan por el avión y el motor del avión), entonces aunque no mueva su cabeza, y sus ojos permanezcan enfocados y alineados en el visor 186, la imagen proyectada en él aparecerá todavía borrosa debido a los movimientos y vibraciones del vehículo. Para estabilizar la imagen borrosa, se han ideado sistemas y métodos para imitar el proceso de estabilización de imagen del VOR en la imagen proyectada en un visor, como se ilustra en las Figuras 2, 3A y 3B. En tales sistemas y métodos son medidos el movimiento de la cabeza del piloto (por ejemplo, el  
25 azimut, elevación y rotación de la cabeza en el marco de referencia del avión, la velocidad y la aceleración a la cual se está moviendo la cabeza) así como el movimiento del avión. Según esas mediciones, la imagen proporcionada al piloto es modificada y procesada de forma que es presentada al piloto en una posición constante y fija, como si la imagen no se moviera con los movimientos de la cabeza del piloto. Mediante la constante actualización de la imagen de forma que esté es colocada en una posición fija relativa al piloto permite al VOR del piloto estabilizar la imagen que el piloto ve mientras su cabeza se mueve. En general, en la técnica, el proceso de modificar una imagen y procesarla de forma que sea presentada a un operador de un vehículo en una posición constante, fija (aun aunque  
30 la cabeza del operador se mueva vis a vis con la superficie en la cual la imagen es proyectada), o en una ubicación espacial correcta de forma que el operador verá una imagen estabilizada, es conocido como registro espacial.

La referencia se hace ahora a la Figura 2, que es una ilustración esquemática de la técnica anterior de una visión aerotransportada y un sistema de imágenes, generalmente referenciados 250. El sistema 250 incluye una cámara  
35 252, un sensor 254 de cabeza, un sistema 256 de navegación inercial (en este documento abreviado como INS), un sistema 258 de movimiento del vehículo, un procesador 260 del elemento de representación y una unidad 262 de proyección. El INS 256 está acoplado con el sistema 258 de movimiento del vehículo. El sensor 254 de cabeza, la cámara 252 y el sistema 258 de movimiento del vehículo están cada uno acoplados con el procesador 260 del elemento de representación, que a su vez está acoplado con la unidad 262 de proyección. La cámara 252 puede  
40 ser, por ejemplo, una cámara de IR, una cámara de luz visible y similares. La cámara 252 puede también ser un generador de imágenes que puede generar imágenes de realidad virtual. La imagen recibida por la cámara 252 puede ser intensificada de luz, imágenes de infrarrojo, imágenes ICCD, o de otro modo imágenes no visibles normalmente por el ojo humano. Si la cámara 252 es un generador de imágenes, entonces la cámara 252 genera imágenes de realidad virtual, por ejemplo, de un mundo virtual. El sensor 254 de cabeza está ubicado en el casco  
45 del piloto (no mostrado) y mide el movimiento (por ejemplo, azimut, elevación, rotación y ubicación del casco en el marco de referencia del avión, así como la velocidad y aceleración del casco) de la cabeza del piloto en todas las direcciones. El INS 256 está ubicado en el avión (no mostrado) y mide el movimiento del avión en todas las direcciones. El sistema 258 de movimiento del vehículo monitoriza la posición del avión, el movimiento del avión en todas las direcciones, así como otros sistemas relacionados con el avión, tal como aviónicas generales, sistema de  
50 armas, un sistema de combustible y similares. La unidad 262 de proyección está ubicada en el casco del piloto, que está equipado con un HMD, y proyecta una imagen recibida desde la cámara 252, y cualquier otro dato proporcionado por el sistema 258 de movimiento del vehículo, en el visor del casco.

La cámara 252 recibe una imagen de una escena exterior. Si la cámara 252 es un generador de imágenes, entonces  
55 la cámara 252 genera una imagen de una escena exterior. La imagen puede ser una imagen de IR, una imagen ICCD, o puede ser intensificada de luz. La cámara 252 proporciona la imagen al procesador 260 del elemento de representación. El sensor 254 de la cabeza mide continuamente el movimiento de la cabeza del piloto y proporciona esas mediciones al procesador 260 del elemento de representación. El INS 256 mide continuamente el movimiento del avión y proporciona esas mediciones al sistema 258 de movimiento del vehículo, que a su vez las proporciona al procesador 260 del elemento de representación. El sistema 258 de movimiento del vehículo puede también  
60 proporcionar al procesador 260 del elemento de representación otros datos concernientes al avión, por ejemplo, la altitud del avión, la LOS del sistema de armas, la cantidad de combustible restante en el avión, y similares.

El procesador 260 del elemento de representación recibe la imagen capturada por la cámara 252 y corrige la imagen de cualquier distorsión (por ejemplo, distorsión de cojín o distorsión de barril) que pueda tener debido a la óptica de la cámara. Si la cámara 252 es un generador de imágenes, entonces no se necesita ejecutar ninguna corrección de distorsión. El procesador 260 del elemento de representación también recibe mediciones del movimiento de la cabeza del piloto (que es indicativa de su LOS) así como mediciones del movimiento del avión. El procesador 260 del elemento de representación usa ambas mediciones para modificar y procesar la imagen capturada, o generada, por la cámara 252. Por ejemplo, si el avión está en una maniobra de giro, y el cuerpo del avión forma un ángulo de 45° con respecto al horizonte, y el piloto tiene su cabeza inclinada en un ángulo de -25° con respecto al horizonte, entonces el procesador del elemento de representación del casco puede escalar, desplazar, rotar y cortar la imagen capturada, o generada, de la cámara 252 de forma que coincida con una posición constante y fija relativa al piloto. Además, si el piloto levanta su cabeza, entonces el procesador 260 del elemento de representación puede desplazar la imagen capturada, o generada, de la cámara 252 hacia abajo para mantener la imagen en la posición fija relativa al piloto. Se observa además que la posición de la cabeza del piloto puede predecirse por algoritmos de predicción del movimiento de la cabeza conocidos y que esas posiciones predichas se pueden usar para modificar y procesar la imagen de forma que permanezca en la posición fija relativa al piloto (esto es, la imagen es registrada espacialmente correctamente). Manteniendo la imagen proyectada de la cámara 252 en una posición fija, el VOR del piloto puede estabilizar la imagen en la retina del ojo mientras el piloto mueve su cabeza.

El procesador 260 del elemento de representación puede también superponer simbología del avión, así como otros datos, tales como un mapa digital, sobre la imagen capturada, o generada, de la cámara 252. Se observa que en el caso de un mapa digital, generado, por la cámara 252. Se observa que, en el caso de un mapa digital, la imagen del mapa digital puede superponerse sobre la imagen capturada, o generada, por la cámara en un formato de imagen en imagen (en este documento abreviado como PIP). También se observa que la simbología, así como otros datos, pueden necesitar ser procesados, como la imagen capturada, o generada, de la cámara 252 fue procesada, de forma que coincida con la posición fija relativa al piloto cuando esos otros datos son proyectados en el visor del casco.

Dado que el visor del piloto es curvo, y la unidad de proyección puede contener elementos ópticos particulares que distorsionen la imagen proyectada, cualquier imagen proyectada en el visor necesita ser corregida su distorsión de forma que la distorsión de la imagen causada por la unidad de proyección es corregida y la imagen proyectada es vista correctamente en el visor curvo. Después de que el procesador 260 del elemento de representación ha terminado de procesar la imagen original capturada, o generada, por la cámara 252, que puede incluir, como se ha mencionado anteriormente, escalado, cortado, rotado, y desplazado de la imagen, así como superposición de otras imágenes en la imagen original, el procesador 260 del elemento de representación entonces distorsiona la imagen de forma que pueda ser representada al piloto en su visor sin distorsión. El procesador 260 del elemento de representación entonces proporciona la imagen procesada, distorsionada a la unidad 262 de proyección que proyecta la imagen en el visor del piloto.

La referencia se hace ahora a las Figuras 3A y 3B. La Figura 3A es una ilustración esquemática de una técnica anterior del método para el registro espacial. La Figura 3B es una representación gráfica del método de la 3A. En el procedimiento 280, una imagen en crudo es recibida desde una cámara, o generada por un procesador de imágenes. La imagen puede ser, por ejemplo, una imagen intensificada de luz, una imagen de IR, una imagen ICCD, o una imagen FLIR. Debido a la óptica de la cámara que recibe la imagen, la imagen puede estar distorsionada. Si la imagen en crudo es una imagen del mundo virtual generada por un procesador de imágenes, entonces la imagen en crudo no estará distorsionada. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 320 representa una imagen en crudo recibida desde una cámara, o generada por un procesador de imágenes. Se observa que la imagen 320 puede estar distorsionada debido a la óptica de la cámara. En el procedimiento 282, los datos del avión así como los datos del sensor de la cabeza son recibidos. Los datos del avión pueden incluir mediciones del rumbo, dirección, velocidad y aceleración del avión así como información tal como la altitud del avión, la LOS del sistema de armas, la cantidad de combustible restante en el avión, y similares. Los datos del sensor de la cabeza pueden incluir mediciones del movimiento de la cabeza del piloto en todas las direcciones (por ejemplo, azimut, elevación, rotación y ubicación en el marco de referencia del avión, así como velocidad y aceleración).

En el procedimiento 284, a la imagen recibida desde la cámara se le corrigen sus distorsiones. Dado que la imagen recibida desde la cámara será procesada y manipulada, las distorsiones de la imagen deben ser inicialmente corregidas antes de que la imagen sea procesada, de otra forma cada manipulación de la imagen distorsionará más la imagen original y la imagen final estará aun más distorsionada. Si la imagen fue generada por un procesador de imágenes, entonces no se necesita ejecutar corrección de la distorsión. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 322 representa la imagen corregida de distorsión de una imagen 320 en crudo. En el procedimiento 286, se genera la simbología que representa información concerniente al avión. La simbología es generada en base a los datos del avión recibidos en el procedimiento 282. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 324 representa la simbología generada según los datos del avión recibidos. En el procedimiento 288, un mapa digital, que muestra la ubicación del avión, es generado según los datos del avión recibidos en el procedimiento 282. El mapa digital será representado al piloto en un formato de PIP. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 326 representa un mapa digital generado según los datos del avión recibidos.

En el procedimiento 290, la imagen corregida de distorsión del procedimiento 284 es procesada según los datos del avión y los datos del sensor de la cabeza de forma que será registrada espacialmente correctamente. Por ejemplo,

el procesamiento puede incluir escalar, desplazar, cortar y rotar la imagen, todo según el rumbo del avión y la posición de la cabeza del piloto. El procesamiento puede también incluir procesamiento de imagen tal como corrección de brillo, corrección gamma y similares. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 328 representa una versión de la imagen 322 escalada, desplazada, rotada y cortada. La imagen 328 ha sido procesada según los datos del avión y los datos del sensor de la cabeza para mantener la imagen proyectada en una posición fija relativa al piloto. En el procedimiento 292, la simbología generada en el procedimiento 286 es procesada según los datos del avión y los datos del sensor de la cabeza de forma que será registrada espacialmente de manera correcta. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 330 representa una versión de la imagen 324 escalada, desplazada, rotada y cortada. En el procedimiento 294, el mapa digital generado en el procedimiento 288 es procesado según los datos del avión y los datos del sensor de la cabeza de forma que será registrado espacialmente correctamente. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 332 representa una versión de la imagen 326 escalada, desplazada, rotada y cortada. En general, se observa que los procedimientos de procesamiento de la imagen de cámara con la distorsión corregida, la simbología y el mapa digital pueden ejecutarse en paralelo.

En el procedimiento 296, la imagen de la cámara, la simbología y el mapa digital son fusionados en una única imagen. La fusión puede ser ejecutada mediante la superposición de la simbología sobre la imagen de la cámara y la inserción del mapa digital sobre una porción de la imagen de la cámara en un formato de PIP. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 334 representa una versión fusionada de la imagen 328, imagen 330 e imagen 332. En el procedimiento 298, la imagen fusionada es almacenada y registrada. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 336 representa una versión almacenada y registrada de la imagen 334. Se observa que la imagen 334 ha sido cortada para formar la imagen 336. En el procedimiento 300, la imagen fusionada del procedimiento 296 es procesada de forma que puede ser proyectada a cada ojo del piloto y almacenada en memoria. El procesamiento puede incluir distorsionar adecuadamente la imagen fusionada, para cada ojo, de forma que será correctamente representada en el visor del casco, que es una superficie curva que tiene una distorsión inherente. El procesamiento puede también incluir corregir cualquier distorsión debida a la óptica de un proyector de imagen que proyecta la imagen en el visor del casco. Con referencia a la Figura 3B, una imagen 338 representa una versión distorsionada del ojo derecho almacenada de la imagen 334, y una imagen 340 representa una versión distorsionada del ojo izquierdo almacenada de la imagen 334. Cada una de las imágenes 338 y 340 ha sido distorsionada según la distorsión inherente del visor del casco, y el proyector de imagen, de forma que la imagen aparecerá sin distorsión cuando sea proyectada en el visor. En el procedimiento 302, la imagen fusionada procesada almacenada de cada ojo es proyectada respetuosamente a cada ojo del piloto a través del visor del casco del piloto. Con referencia a la Figura 3B, se observa que las imágenes 338 y 340 son primero almacenadas en la memoria antes de ser proyectadas a los ojos del piloto.

En general, en imágenes aerotransportadas y sistemas de visión, la tasa de refresco de la unidad de proyección es aproximadamente 60 Hz. Por lo tanto, la unidad de proyección tarda aproximadamente 16.6 milisegundos en generar una imagen entera a ser proyectada al piloto. Además, según el sistema y método descritos anteriormente, con referencia a las Figuras 2, 3A y 3B, cada vez que una imagen, ya sea la imagen de la cámara, la simbología o el mapa digital, es modificada (por ejemplo, cortada, rotada, corregida la distorsión y similar), la imagen modificada es almacenada en memoria. Almacenar la imagen en memoria puede ser un proceso costoso en tiempo, pues se pueden necesitar decenas de milisegundos para almacenar la imagen, dependiendo de la velocidad del hardware de la memoria, los buses de datos, la resolución de la imagen, la tasa de actualización de los datos de sensor de la cabeza y los datos del avión, que puede ser de 30 Hz, por ejemplo, y similares. En referencia otra vez a la Figura 3B, considerando que las imágenes 320, 324 y 326 son almacenadas en memoria, entonces la imagen 322 es almacenada en memoria, entonces las imágenes 328, 330 y 332 son almacenadas en memoria, entonces la imagen 334 es almacenada en memoria, entonces las imágenes 338 y 340 son almacenadas en memoria y finalmente las imágenes 338 y 340 son entonces proyectadas a los ojos del piloto, el procedimiento de registro espacial de la imagen proyectada a los ojos del piloto según los movimientos de la cabeza del piloto y los movimientos del avión puede llevar sobre 100 milisegundos. A este paso, las unidades de proyección convencionales actualizan los datos de la imagen proyectada al piloto en una tasa típica de aproximadamente 10 Hz, una tasa significativamente más baja que la tasa de refresco de la unidad de proyección, y una tasa significativamente más lenta que el VOR de los humanos. A tales tasas, la imagen y la información presentada al piloto puede no ser real y actualizada, y el VOR puede no ser capaz de estabilizar adecuadamente la imagen, dado que el reflejo opera a una tasa más rápida que la tasa de actualización de la imagen.

Los sistemas que usan el método descrito en las Figuras 3A y 3B por lo tanto presentan una latencia significativa en términos de registro espacial y registro de eventos. El registro de eventos se refiere a la cantidad de tiempo requerido por la cámara para capturar un evento, por ejemplo, una explosión, y transmitir la explosión gráficamente al ojo del piloto a través de la unidad de proyección. El registro de eventos puede también referirse a la cantidad de tiempo requerido para que un generador de imágenes reciba datos concernientes a un nuevo objeto en la imagen y para generar el nuevo objeto en la imagen. El registro de eventos puede además referirse a la cantidad de tiempo requerido para actualizar los símbolos del vuelo proyectados a los ojos del piloto.

El documento de patente US Patent No. 6,867,753 de Chinthammit et al., titulado "Virtual image registration in augmented field display" está dirigido a un sistema para registrar una imagen virtual en un fondo del mundo real percibido. Una luz de seguimiento es escaneada en el entorno del mundo real. La luz es detectada mientras choca en un par de superficies detectoras de un primer detector, en un primer momento y en un segundo momento, cuando el primer momento y el segundo momento ocurren dentro de líneas de escaneo adyacentes. El momento en

el cual un borde de la línea de escaneo horizontal es encontrado se deriva como si ocurriera en mitad de camino entre el primer momento y el segundo momento. La ubicación horizontal del primer detector es entonces determinada dentro de una línea de escaneo específica que es derivada a partir del momento del borde de la línea de escaneo. La ubicación vertical del detector es entonces determinada dentro de un marco de escaneo mediante la medida de la duración en el tiempo mediante el uso del inicio del marco. La ubicación de las superficies del detector es así determinada de manera independiente de la resolución temporal del sistema de imágenes aumentadas en una resolución de sub-píxel/sub-línea. La imagen aumentada es registrada en un sistema de coordenadas espacial del mundo real de 3D basado en la posición seguida y la orientación de un usuario. Los algoritmos de predicción son usados para compensar la latencia total del sistema.

El documento de patente US Patent No. 5,040,058 de Beamon et al., titulado "Raster graphic helmet mountable display" es dirigido a un elemento de representación montable en un casco para suministrar una imagen a todo color para presentar a quien lleve el casco. Un aparato electrónico, por ejemplo, un tubo de rayos catódicos, que tiene bandas rojas, verdes y azules de fósforo emisor, junto con una pistola de electrones, para escanear una traza en cada banda, proporciona líneas de barrido para una imagen gráfica de trama a todo color. Un aparato electromecánico dispone las líneas de barrido para que aparezcan en la posición espacial adecuada en la imagen. El registro y superposición de las trazas son ejecutados por un aparato de retraso de información de color y un sistema óptico de enfoque, que forman una línea de barrido que se presenta a todo color característica que forma una porción de la imagen.

El documento de patente US Patent No. 5,880,777 de Savoye et al., titulado "Low-light-level imaging and image processing" está dirigido a un sistema de imágenes para producir una secuencia de tramas de imágenes de una escena fotografiada a una tasa de trama R, que es una tasa de al menos 25 tramas de imagen por segundo. El sistema de imágenes incluye un procesador analógico-a-digital para digitalizar una señal de píxel amplificada para producir una señal de imagen digital. Cada señal de imagen digital está formateada como una secuencia de tramas de imágenes, teniendo cada trama de imagen una pluralidad de valores de píxeles digitales. Los valores de píxeles digitales tienen un rango dinámico de valores que son representados por un número de bits digitales B, con B siendo mayor que 8. El sistema de imágenes también incluye un procesador de imagen digital, para producir una secuencia de tramas de imágenes de salida de tramas de imágenes. La secuencia de tramas de imágenes de salida es representativa de la escena fotografiada y es producida con una latencia de no más de aproximadamente  $1/R$ , que tiene un rango dinámico de valores de píxeles de tramas de imágenes representado por un número de bits digitales D, donde D es menor que B. La secuencia de tramas de imágenes de salida puede estar caracterizada por una resolución de ruido limitado de al menos un número mínimo de pares de líneas por milímetro como una función de la iluminancia de la luz de entrada que choca en los píxeles de un dispositivo de imágenes de carga acoplada.

Las publicaciones EP 1 431 798 A2 y EP 0 429 678 A1 describen más aparatos de representación de imágenes de interés particular.

### 35 **Compendio de la técnica descrita**

Es un objeto de la técnica descrita proporcionar un método y sistema novedosos para registrar espacialmente los píxeles de una imagen en una tasa mayor que el tiempo de respuesta del VOR de los humanos, que supere las desventajas de la técnica anterior.

Según la técnica descrita, se proporciona así un aparato para representar al menos una imagen con respecto a la línea de visión (LOS), substancialmente sin latencia de imagen al ser percibida por un usuario humano. La LOS es determinada entre la cabeza de un usuario y al menos un sistema de coordenadas establecido en el espacio, con el sistema de coordenadas y la imagen representada estando en relativo movimiento entre ellos. El aparato incluye una fuente de imágenes, un procesador del elemento de representación y una unidad de representación. El procesador del elemento de representación está acoplado con la fuente de imágenes y la unidad de representación. La fuente de imágenes proporciona al menos una imagen no registrada espacialmente, el procesador del elemento de representación registra espacialmente la imagen no registrada espacialmente con la LOS, generando de ese modo al menos una imagen registrada espacialmente respectiva, y la unidad de representación representa al menos un píxel registrado espacialmente en una superficie de representación. El procesador del elemento de representación incluye una unidad de almacenamiento, un procesador de imágenes y un ubicador de píxeles. El ubicador de píxeles está acoplado con el procesador de imágenes. La unidad de almacenamiento almacena la imagen no registrada espacialmente, el procesador de imágenes selecciona al menos un píxel de proyección a ser representado y el ubicador de píxeles determina, en cada imagen no registrada espacialmente, la ubicación del píxel registrado espacialmente correspondiente al píxel de proyección seleccionado.

Según otra realización de la técnica descrita, se proporciona así un método para representar al menos una imagen con respecto a la línea de visión (LOS), substancialmente sin latencia de imagen al ser percibida por un usuario humano. La LOS es determinada entre la cabeza de un usuario y al menos un sistema de coordenadas establecido en el espacio, con el sistema de coordenadas y la imagen representada estando en relativo movimiento entre ellos. El método incluye los procedimientos para proporcionar al menos una imagen no registrada espacialmente desde una fuente de imágenes, almacenar la imagen no registrada espacialmente, seleccionar al menos un píxel de proyección a ser representado, registrar espacialmente la imagen no registrada espacialmente con la LOS, y

representar al menos un pixel registrado espacialmente. El procedimiento de registro espacial incluye generar al menos una imagen registrada espacialmente respectiva, mediante la determinación, en cada imagen no registrada espacialmente, de la ubicación del pixel registrado espacialmente correspondiente al pixel de proyección seleccionado.

**5 Breve descripción de los dibujos**

La técnica descrita se comprenderá y apreciará plenamente a partir de la siguiente descripción detallada tomada en conjunto con los dibujos en los cuales:

la Figura 1A es una ilustración del reflejo vestibulo-ocular, como se conoce en la técnica;

la Figura 1B es otra ilustración del reflejo vestibulo-ocular, como se conoce en la técnica;

10 la Figura 1C es otra ilustración más del reflejo vestibulo-ocular, como se conoce en la técnica;

la Figura 1D es otra ilustración del reflejo vestibulo-ocular, como se conoce en la técnica;

la Figura 2 es una ilustración esquemática de una técnica anterior de visión aerotransportada y sistema de imágenes;

la Figura 3A es una ilustración esquemática del método de una técnica anterior para registrar espacialmente;

15 la Figura 3B es una representación gráfica del método de la Figura 3A;

la Figura 4 es una ilustración esquemática de un procesador del elemento de representación del casco, construido y operativo según una realización de la técnica descrita;

la Figura 5A es una ilustración esquemática de un método para escaneado y procesado de imágenes en tiempo real, operativo según otra realización de la técnica descrita; y

20 la Figura 5B es una representación gráfica del método de la Figura 5A.

**Descripción detallada de las realizaciones**

La técnica descrita supera las desventajas de la técnica anterior proporcionando un método y sistema novedosos para registrar espacialmente los píxeles de una imagen en una tasa más rápida que el tiempo de respuesta del VOR de los humanos. En este sentido, la latencia en registrar espacialmente la imagen, como percibida por un usuario humano (por ejemplo, un piloto), es minimizada. Según la técnica descrita, los píxeles de imagen a ser presentados a un piloto son procesados, registrados espacialmente y escaneados al HMD del piloto en tiempo real. Una vez que las imágenes en crudo, recibidas desde, proporcionadas por, o generadas por, una cámara o por otra fuente de datos, son almacenadas en memoria, el primer pixel de imagen puede ser registrado espacialmente y proyectado a un usuario en una posición fija en menos de 1 milisegundo. En consecuencia, dado que la cantidad de tiempo requerida para registrar espacialmente los píxeles de una imagen a ser proyectada a un operador se reduce (esto es, la latencia de la imagen se reduce), la posibilidad de cinetosis en el operador también se reduce. Además, según la técnica descrita, una vez que las imágenes en crudo son almacenadas en memoria, no se necesitan almacenar más imágenes en memoria durante el proceso de registro espacial de los píxeles de la imagen a ser proyectada al operador. Se observa que en esto es un contraste con la técnica anterior, donde cada vez que una imagen, tanto si era una imagen de la cámara, la simbología o el mapa digital, era modificada (por ejemplo, cortada, rotada, corregida la distorsión y similar), la imagen modificada era almacenada en memoria. También se observa que la técnica descrita es descrita en este documento, a modo de ejemplo, con referencia a un piloto en una cabina de un avión que lleva un casco con un HMD integrado. Como tal, la técnica descrita puede también usarse en aviones, helicópteros, vehículos de tierra, vehículos de mar, sistemas de videojuegos, representaciones cabeza-arriba y representaciones cabeza-abajo. En general, la latencia de la imagen es una medida de la cantidad de tiempo que lleva proyectar un pixel registrado espacialmente a una superficie de representación una vez que la ubicación del pixel registrado espacialmente ha sido encontrada.

Se observa además que la técnica descrita puede ser usada para implementar un HUD virtual (en este documento abreviado como VHUD). Un VHUD es un HMD que es usado en sustitución de un HUD. Los VHUD proporcionan mayor coste, así como beneficios operacionales, que pueden incluir: un aumento en el espacio del panel de instrumentos, una reducción en electrónicas y peso una vez necesario para un HUD tradicional en la cabina, un campo de visión mejorado sobre un HUD tradicional y una caja de movimiento agrandada en la cual se puede ver el HUD. Mediante la implementación de la funcionalidad de un HMD y un HUD en un único sistema, el formato de representación de imágenes a un operador se puede mejorar, y el conocimiento de la situación del operador puede mejorarse dado que se requiere menos tiempo para conmutar de mirar del HMD al HUD.

También se observa que la técnica descrita puede ser usada para implementar un elemento de representación multi función virtual (en este documento abreviado como VMFD). Un VMFD permite que una imagen virtual de un elemento de representación multi función virtual de un avión sea presentada al piloto. Los elementos de

representación multi función pueden presentar varios tipos de información al piloto, por ejemplo, representaciones de mapas del tiempo, indicadores del panel de instrumentos y mapas de movimiento (seguimiento en tiempo real). El VMFD puede ser presentado al piloto de forma que cuando mira a la mitad inferior de la cabina, él ve un elemento de representación virtual. El VMFD puede ser producido de numerosas formas, por ejemplo, como una imagen del elemento de representación multi función real del avión, como una imagen generada según los datos recibidos del avión, o ambas.

En general, como se ha explicado en la sección de antecedentes de la técnica descrita, a medida que un piloto mueve su cabeza, su VOR corrige su LOS de forma que sus ojos permanecen alineados en un objeto que percibe. Según la técnica descrita, la LOS del piloto se establece entre la cabeza del piloto y al menos un sistema de coordenadas establecido en el espacio. El sistema de coordenadas puede establecerse en el espacio real, de ese modo dando coordenadas a objetos virtuales proyectados a un visor de un casco llevado por el piloto.

La referencia se hace ahora a la Figura 4, que es una ilustración esquemática de un procesador del elemento de representación del casco, para representar imágenes en el visor de un casco, referenciado generalmente como 370, construido y operativo según una realización de la técnica descrita. El procesador 370 del elemento de representación del casco (en este documento abreviado como HDP) incluye un ubicador 372 de píxeles, un extractor 382 de píxeles, una unidad 384 de almacenamiento, un procesador 386 de imágenes y un generador 388 de datos auxiliares. El ubicador 372 de píxeles está acoplado con el extractor 382 de píxeles y con el procesador 386 de imágenes. El extractor 382 de píxeles está acoplado con la unidad 384 de almacenamiento y el procesador 386 de imágenes. El generador 388 de datos auxiliares está acoplado con la unidad 384 de almacenamiento. El ubicador 372 de píxeles incluye un corrector 374 de distorsión del visor, un corrector 376 de distorsión de la cubierta de la cabina, un corrector 378 de distorsión de cámara y un corrector 380 de LOS. El corrector 374 de distorsión del visor, el corrector 376 de distorsión de la cubierta de la cabina, el corrector 378 de distorsión de cámara y el corrector 380 de LOS están cada uno acoplados entre ellos (no mostrado). Se observa que el HDP 370 está además acoplado con un sensor de la cabeza (no mostrado), una cámara (no mostrada), un sistema de datos del avión (no mostrado) y una unidad de proyección (no mostrada). El HDP 370 está integrado en un sistema de imágenes aerotransportadas y de visión. Se observa que la unidad de proyección puede ser cualquier unidad habilitada para representar o producir una imagen al usuario.

La cámara puede ser, por ejemplo, una cámara de IR, una cámara de luz visible, una cámara ICCD, una cámara intensificada de imagen, una cámara fundida con sensor, un sistema de visión nocturna panorámica de avión y similares. La cámara puede también ser reemplazada por un generador de imágenes que puede generar imágenes de realidad virtual e imágenes del mundo virtual. La imagen recibida por, o proporcionada por la cámara puede ser intensificada de luz, o de otro modo no normalmente visible por el ojo humano. El sensor de la cabeza está ubicado en el casco del piloto (no mostrado) y mide el movimiento (esto es, azimut, elevación, rotación, ubicación en el marco de referencia del avión, velocidad y aceleración) de la cabeza del piloto en todas las direcciones. El sensor de la cabeza también determina la ubicación y orientación (esto es, la posición) de la cabeza del piloto en relación a la ubicación y orientación del avión. Los datos determinados por el sensor de la cabeza, son guardados opcionalmente en la unidad 384 de almacenamiento. Como se explica más adelante, los datos determinados por el sensor de la cabeza se planifican para ser proporcionados al HDP 370 durante el tiempo en el que el HDP 370 pide datos del sensor de la cabeza para determinar las ubicaciones corregidas del píxel en crudo. El sistema de datos del avión está ubicado en el avión (no mostrado), y mide el movimiento del avión en todas las direcciones (esto es, ubicación y orientación), monitoriza la posición del avión, el movimiento del avión en todas las direcciones, así como otros sistemas relacionados con el avión (esto es, sistemas de aviación), tales como sistema de armas, un sistema de combustible y similares. Los datos determinados y medidos por el sistema de datos del avión son guardados opcionalmente en la unidad 384 de almacenamiento. El sistema de datos del avión puede incluir, por ejemplo, un INS, un sistema de posicionamiento global (en este documento abreviado como GPS) y similares. La unidad de proyección está ubicada en el casco del piloto, y proyecta una imagen recibida desde, o proporcionada por, la cámara, o generada por el generador de imágenes, y cualquier otro dato proporcionado por el sistema de datos del avión, en el visor del casco. Como se explicó anteriormente, en referencia a la Figura 1D, dado que la imagen proyectada, como es percibida por el piloto, se mueve en relación a al menos uno de los sistemas de coordenadas establecidos en el espacio, la imagen proyectada debería registrarse espacialmente de forma que el piloto no perciba cualquier movimiento relativo entre la imagen proyectada y al menos uno de los sistemas de coordenadas establecidos en el espacio. Según la técnica descrita, la imagen proyectada es registrada espacialmente a una tasa suficientemente rápida para que un piloto humano no perciba de manera apreciable movimiento entre la imagen proyectada y al menos uno de los sistemas de coordenadas establecidos en el espacio, aun si tal movimiento relativo ocurre de hecho.

La cámara recibe, o proporciona, una imagen de una escena exterior, o una imagen de una escena exterior es generada, o proporcionada, por el generador de imágenes. Los objetos en la imagen de una escena exterior son posicionados en un sistema de coordenadas establecido en el espacio real, donde los objetos en una imagen generada por un generador de imágenes son posicionados en un sistema de coordenadas establecido en el espacio virtual. La imagen puede ser una imagen de IR, una imagen FLIR, una imagen ICCD, una imagen de visión nocturna, o puede ser una intensificada de luz. La cámara proporciona la imagen al HDP 370. El HDP 370 almacena la imagen en crudo de la cámara en la unidad 384 de almacenamiento. El sensor de la cabeza mide de manera continua el movimiento de la cabeza del piloto y proporciona estas mediciones al HDP 370, que opcionalmente

almacena las mediciones en la unidad 384 de almacenamiento. Como se mencionó anteriormente, el sensor de la cabeza proporciona datos del sensor de la cabeza al HDP 370 de una forma planificada de forma que el HDP 370 recibe los datos del sensor de la cabeza como se requiere para determinar correctamente las ubicaciones del pixel en crudo. El sistema de datos del avión mide de manera continua y opcionalmente almacena el movimiento del avión y proporciona estas mediciones al HDP 370, que opcionalmente las almacena en la unidad 384 de almacenamiento. El HDP 370 proporciona las mediciones del movimiento de la cabeza del piloto y las mediciones del movimiento del avión al ubicador 372 de píxeles. El sistema de datos del avión puede también proporcionar al HDP 370 otros datos concernientes al avión, que son almacenados opcionalmente en la unidad 384 de almacenamiento, por ejemplo, la altitud del avión, la LOS del sistema de armas, la cantidad de combustible restante en el avión, y similares. El generador 388 de datos auxiliares puede entonces acceder a estos otros datos desde la unidad 384 de almacenamiento o desde el sistema de datos del avión directamente.

Mientras la imagen en crudo de la cámara es almacenada en la unidad 384 de almacenamiento, el generador 388 de datos auxiliares produce una representación de los datos recibidos desde el sistema de datos del avión. La representación de los datos puede ser, por ejemplo, en la forma de simbología estática así como dinámica. Los datos desde el sistema de datos del avión pueden también usarse para generar simbología que no sea una representación directa de los datos. La simbología estática puede incluir, por ejemplo, altitud del vehículo, velocidad del vehículo, añadir escala, el curso del horizonte y del objetivo, con cada representación de los datos siendo guardados como una imagen separada en la unidad 384 de almacenamiento. La simbología estática es siempre proyectada en la misma ubicación del visor del casco. Está por tanto esclavizada a la LOS del piloto y se mueve en el marco de referencia del avión mientras el piloto gira su cabeza. La simbología estática puede también proyectarse al piloto a través de un VHUD, un VMFD o ambos, aunque en general, toda la simbología proyectada a un piloto a través de un VHUD es dinámica. La simbología dinámica puede incluir puntos de mira y marcadores de objetivos (véase, por ejemplo, con referencia a la Figura 1B, punto de mira 60, marcador 62 de objetivo e indicador 58 de nivel), con cada representación de los datos siendo guardada como una imagen separada en la unidad 384 de almacenamiento. La simbología dinámica es estabilizada en el marco de referencia externo de forma que el piloto siempre ve la simbología en una ubicación fija en el marco de referencia externo. La simbología dinámica no es por lo tanto proyectada en una ubicación fija en el visor del casco, sino que se "mueve" sobre el visor del casco de forma que independientemente de la orientación de la cabeza del piloto, la simbología se verá en la misma ubicación en el marco de referencia externo. La representación de los datos puede ser también, por ejemplo, en la forma de un mapa digital (véase, con referencia a la Figura 3B, la imagen 326), que puede ser puesto en la imagen final, proyectado al piloto, en un formato de PIP. La representación de los datos puede ser también datos de una cámara de armas, una cámara de zoom de objetivo, y similares. La simbología producida y generada y el mapa digital son almacenados en la unidad 384 de almacenamiento. Se observa que almacenar las imágenes puede llevar sobre 16.6 milisegundos (esto es, normalmente la misma tasa que la tasa de actualización de la unidad de proyección). Una vez que la imagen en crudo de la cámara, así como la simbología y el mapa digital (en este documento referido como las imágenes en crudo) son almacenados en la memoria, el procesador 386 de imágenes comienza el procesamiento y escaneado simultaneo de las imágenes en crudo a ser proyectadas al piloto como una imagen actualizada de la escena exterior. Las imágenes en crudo pueden también incluir una imagen de la vista de las armas, una imagen de la cámara de día HMD, una imagen de la cámara nocturna HMD, un video de entrada en tres dimensiones y patrones de calibración internos. En general, las características que definen las imágenes en crudo es que no han sido registradas espacialmente (esto es, no están registradas espacialmente) cuando son almacenadas inicialmente en la memoria (aunque algunas de ellas pueden haber sido procesadas de cierta manera antes de ser inicialmente almacenadas en la memoria). Se observa que la lista de imágenes en crudo en la técnica descrita no está limitada a tres fuentes (esto es, imagen de cámara en crudo, simbología y mapa digital), sino que puede incluir una pluralidad de fuentes. Por ejemplo, según la técnica descrita, N imágenes de video y M imágenes de simbología pueden ser soportadas en el procesamiento. El procesamiento se hace para "superponer" las imágenes en crudo entre ellas, corregir la distorsión en las imágenes en crudo y para asegurar que los píxeles proyectados al piloto son registrados espacialmente de manera correcta según una posición fija relativa al piloto. Se observa que según la técnica descrita, las imágenes en crudo no son superpuestas de manera tradicional, y almacenadas posteriormente en la unidad 384 de almacenamiento. En vez de eso, la imagen vista por el piloto es percibida por él como una superposición de las imágenes en crudo, como se describe más adelante. El procesamiento puede también incluir la generación de una imagen de tres dimensiones de la imagen a ser proyectada al piloto desde una imagen de dos dimensiones procesada.

Siguiendo el patrón de escaneado de la unidad de proyección (por ejemplo, escaneado de trama, escaneado de movimiento y similares), el procesador 386 de imágenes selecciona la ubicación del pixel a ser proyectado al visor del piloto. La ubicación de este pixel puede ser designada como (x,y). Se observa que en otra realización de la técnica descrita, el procesador 386 de imágenes selecciona las ubicaciones de una pluralidad de píxeles a ser proyectados al visor del piloto. El ubicador 372 de píxeles entonces determina la ubicación de los píxeles a partir de las imágenes en crudo, ya almacenadas en la memoria, que serán "superpuestas" para formar el pixel (x,y). El extractor 382 de píxeles entonces extrae (esto es, lee) los píxeles correspondientes de las imágenes en crudo almacenadas en la unidad 384 de almacenamiento y las proporciona al procesador 386 de imágenes. Se observa que el extractor 382 de píxeles es un elemento opcional, y que el procesador 386 de imágenes puede leer (esto es, recuperar) los píxeles correspondientes, a partir de las imágenes en crudo almacenadas en la unidad 384 de almacenamiento, directamente. El procesador 386 de imágenes entonces manipula los niveles de grises (por

ejemplo, transparencia, contraste, brillo, corrección gamma, filtrado, nivel de capa y preferencia de imagen) de los píxeles correspondientes. Se observa que el procesador 386 de imágenes puede también manipular los niveles de luminancia y los niveles de crominancia (por ejemplo, transparencia, contraste, brillo, corrección gamma, filtrado, nivel de capa y preferencia de imagen en una imagen a color) de los píxeles correspondientes. Dado que la manipulación de los niveles de grises de los píxeles correspondientes incluye determinar los niveles de capa de esos píxeles, después de que los niveles de grises de esos píxeles han sido manipulados, los píxeles correspondientes han sido “superpuestos”, como se mencionó anteriormente, porque sus niveles de capas han sido determinados. Los datos del sistema de datos del avión pueden ser usados por el procesador 386 de imágenes para manipular los niveles de grises, los niveles de luminancia, los niveles de crominancia, o una combinación de los mismos, de los píxeles correspondientes. El pixel correspondiente con el nivel de capa más alto es entonces proyectado al visor del piloto en la ubicación (x,y). Por lo tanto, de manera efectiva, los píxeles correspondientes han sido “superpuestos”. A este respecto, dado que el HDP 370 recibe datos del sistema de datos del avión y el sensor de la cabeza necesita determinar la ubicación de los píxeles correspondientes, el HDP 370 sincroniza estos datos con los píxeles manipulados del nivel de capa más alto que se proyectan al visor del piloto. En tiempo real, dado que el HDP 370 recibe datos del sistema de datos del avión y del sensor de la cabeza, el procesador 386 de imágenes determina ubicaciones corregidas de los píxeles en crudo, extrae píxeles en crudo de la unidad 384 de almacenamiento y los manipula, mientras que la unidad de proyección proyecta el pixel manipulado del nivel de capa más alto al visor del piloto con mínima latencia de imagen. Como se mencionó anteriormente, el HDP 370 está sincronizado para ser proporcionado con datos del sensor de la cabeza dado que el HDP 370 necesita los datos del sensor de la cabeza para determinar las ubicaciones de píxeles en crudo corregidas. Debido a esta sincronización, los datos del sensor de la cabeza más actualizados son usados por el procesador 386 de imágenes para determinar las ubicaciones de píxeles en crudo corregidas. En otra realización de la técnica descrita, el pixel de la imagen en crudo manipulado es suministrado a una unidad de registro (no mostrada), que registra y almacena el pixel. Se observa que este píxel registrado y almacenado no ha experimentado corrección de distorsión por ser proyectado en una superficie curva, como un visor o una cubierta de la cabina. El siguiente píxel a ser proyectado al visor del piloto siguiendo el patrón de escaneado de la unidad de proyección, por ejemplo, el pixel ubicado en (x+1,y), es seleccionado entonces. Los píxeles correspondientes en las imágenes en crudo almacenadas son entonces determinados, extraídos y manipulados antes de ser proyectados (esto es, antes de proyectar el pixel manipulado con el nivel de capa más alto) al visor del piloto en la ubicación (x+1,y).

Algunos de los componentes del ubicador 372 de píxeles corrigen la distorsión inherente en las imágenes en crudo. Otros componentes cortan, desplazan, escalan, rotan y realizan corrección de imagen de las imágenes en crudo según la dirección de la cabeza del piloto. El ubicador 372 de píxeles determina las ubicaciones corregidas correspondientes de los píxeles en las imágenes en crudo que serán “superpuestas” para formar el (x,y) registrado espacialmente, corregido ópticamente y pixel-correcto-LOS en la imagen proyectada al piloto. Las correcciones se hacen mediante el uso de datos conocidos, como se explica a continuación, y mediante el uso de datos que están disponibles de manera continua, actualizados y proporcionados de una manera planificada al HDP 370, por ejemplo, los datos del sensor de la cabeza.

Los píxeles son los elementos más pequeños que forman una imagen digital, y por lo tanto son o bien dibujados en un elemento de representación o no dibujados en el elemento de representación (esto es, un pixel no tiene un estado confuso de ser parcialmente dibujado y parcialmente no dibujado simultáneamente). Por lo tanto, cuando una imagen digital es corregida, por ejemplo, de distorsión óptica, la corrección implica determinar qué píxeles de la imagen en crudo han de ser dibujados, y dónde, y cuáles no. Por ejemplo, con referencia a la Figura 3B, cuando la imagen 320 en crudo es corregida de distorsión óptica para producir la imagen 322, la corrección implica determinar qué píxeles en 320 serán escritos, y dónde, en la imagen 322, y cuáles no.

El corrector 374 de distorsión del visor corrige la distorsión inherente en la superficie curva del visor, de forma que el pixel (x,y) proyectado será visto adecuadamente en el visor del piloto. La corrección implica determinar la ubicación de un pixel (x',y') en las imágenes en crudo de forma que cuando (x',y') es escaneado en la imagen proyectada al piloto en la posición (x,y), los píxeles que forman la imagen proyectada aparecerán sin distorsión. En otra realización, de la técnica descrita, esta corrección implica determinar la ubicación de dos píxeles, (x'<sub>derecha</sub>,y'<sub>derecha</sub>) y (x'<sub>izquierda</sub>,y'<sub>izquierda</sub>), uno para cada ojo del piloto, en las imágenes en crudo, de forma que cuando (x'<sub>derecha</sub>,y'<sub>derecha</sub>) y (x'<sub>izquierda</sub>,y'<sub>izquierda</sub>) son escaneados respectivamente en la imagen proyectada al ojo respectivo del piloto en la posición (x,y), los píxeles que forman la imagen proyectada aparecerán sin distorsión. El corrector 374 de distorsión del visor usa la siguiente ecuación para determinar la ubicación del pixel (x',y')

$$(x', y') = \text{Visor\_DC}(x, y) \quad (1)$$

donde (x,y) es la ubicación del pixel a ser proyectado al piloto, *Visor\_DC* es una función que corrige la distorsión en el visor y (x',y') es la ubicación en las imágenes en crudo de donde los píxeles usados para llenar la ubicación (x,y) en la imagen proyectada al piloto debería tomarse. *Visor\_DC* puede ser un polinomio conocido que representa la distorsión en el visor, una tabla de búsqueda (en este documento abreviada como LUT), u otras funciones que permiten determinar la ubicación corregida del pixel (x,y), como se conoce en la técnica. *Visor\_DC* son datos conocidos, que son almacenados en el corrector 374 de distorsión del visor.

Una vez que la ubicación del pixel con la distorsión corregida del visor ( $x',y'$ ) ha sido determinada, el corrector 376 de distorsión de la cubierta de la cabina usa ( $x',y'$ ) para corregir la distorsión inherente en la cubierta de la cabina del avión. La distorsión de la cubierta de la cabina es corregida si la cámara está ubicada dentro de la cabina, o si la información ha de ser proyectada al piloto en la cubierta de la cabina. La corrección implica determinar la ubicación de un pixel ( $x'',y''$ ) en las imágenes en crudo, basado en la ubicación del píxel ( $x',y'$ ) con visor corregido, de forma que cuando ( $x'',y''$ ) es escaneado en la imagen proyectada al piloto en la posición ( $x,y$ ), los píxeles que forman la imagen proyectada aparecerán sin distorsión habiendo tenido en cuenta la distorsión del visor y de la cubierta de la cabina también. El corrector 376 de distorsión de la cubierta de la cabina usa la siguiente ecuación para determinar la ubicación del pixel ( $x'',y''$ )

$$(x'', y'') = \text{Cubierta\_DC}(x', y', El, Az, Ro) \quad (2)$$

donde ( $x',y'$ ) es la ubicación de los píxeles en la imagen en crudo a ser proyectada al piloto después de que la corrección de la distorsión en el visor ha sido ejecutada, *Cubierta\_DC* es una función que corrige la distorsión en la cubierta de la cabina del avión y tiene en cuenta la elevación ( $El$ ), el azimut ( $Az$ ) y la rotación ( $Ro$ ) del casco del piloto, y ( $x'',y''$ ) es la ubicación en las imágenes en crudo de donde los píxeles usados para llenar la ubicación ( $x,y$ ) en la imagen proyectada al piloto debería tomarse. *Cubierta\_DC* puede ser un polinomio conocido que representa la distorsión en la cubierta de la cabina, una LUT, u otras funciones que permiten determinar la ubicación corregida del pixel ( $x,y$ ), como se conoce en la técnica. *Cubierta\_DC* son datos conocidos, que son almacenados en el corrector 376 de distorsión de la cubierta de la cabina.

Una vez que la ubicación del pixel con la distorsión corregida de la cubierta de la cabina ( $x'',y''$ ) ha sido determinada, el corrector 378 de distorsión de cámara usa ( $x'',y''$ ) para corregir cualquier distorsión (por ejemplo, distorsión de cojín o distorsión de barril) en la imagen en crudo de la cámara. Si la imagen no fue grabada por la cámara sino que fue generada por el generador de imágenes, entonces no se necesita ejecutar ninguna corrección en la imagen. La corrección implica determinar la ubicación de un pixel ( $x''',y'''$ ) en las imágenes en crudo, en base a la ubicación del pixel con la cubierta de la cabina corregida ( $x'',y''$ ) de forma que cuando ( $x''',y'''$ ) es escaneado en la imagen proyectada al piloto en la posición ( $x,y$ ), los píxeles que forman la imagen proyectada aparecerán sin distorsión habiendo tenido en cuenta la distorsión del visor, de la cubierta de la cabina y de la cámara. El corrector 378 de distorsión de la cámara usa la siguiente ecuación para determinar la ubicación del pixel ( $x''',y'''$ )

$$(x''', y''') = \text{Cámara\_DC}(x'', y'') \quad (3)$$

donde ( $x'',y''$ ) es la ubicación de los píxeles en las imágenes en crudo a ser proyectadas al piloto después de que la corrección de la distorsión en la cubierta de la cabina ha sido ejecutada, *Cámara\_DC* es una función que corrige la distorsión en la cámara, y ( $x''',y'''$ ) es la ubicación en las imágenes en crudo de donde los píxeles usados para llenar la ubicación ( $x,y$ ) en la imagen proyectada al piloto debería tomarse. *Cámara\_DC* puede ser un polinomio conocido que representa la distorsión en la cámara, una LUT, u otras funciones que permiten determinar la ubicación corregida del pixel ( $x,y$ ), como se conoce en la técnica. *Cámara\_DC* son datos conocidos, que son almacenados en el corrector 378 de distorsión de la cámara.

Una vez que la ubicación del pixel con la distorsión corregida de la cámara ( $x''',y'''$ ) ha sido determinada, el corrector 380 de LOS usa ( $x''',y'''$ ) para registrar espacialmente la imagen a ser proyectada al piloto en una posición fija según las mediciones del movimiento de la cabeza del piloto. El registro espacial implica determinar la ubicación de un pixel ( $x'''',y''''$ ) en las imágenes en crudo, en base a la ubicación del pixel de cámara corregida ( $x''',y'''$ ) de forma que cuando ( $x'''',y''''$ ) es escaneado en la imagen proyectada al piloto en la posición ( $x,y$ ), los píxeles que forman la imagen proyectada serán registrados espacialmente en una posición fija, habiendo tenido en cuenta la distorsión del visor, de la cubierta de la cabina y de la cámara. El registro espacial puede implicar operaciones que pueden incluir, por ejemplo, escalar, cortar, desplazar, rotar, correcciones de Euler, aproximaciones polinomiales y filtrado espacial de las imágenes en crudo. El corrector 380 de LOS usa las siguientes ecuaciones para determinar la ubicación del pixel ( $x'''',y''''$ )

$$x'''' = Kx[\cos(\alpha) - \sin(\alpha)]x'''' + Shift(x'''' ) \quad (4)$$

$$y'''' = Ky[\cos(\alpha) - \sin(\alpha)]y'''' + Shift(y'''' ) \quad (5)$$

donde ( $x''',y'''$ ) es la ubicación de los píxeles en las imágenes en crudo a ser proyectadas al piloto después de que la corrección de la distorsión de la cámara ha sido ejecutada,  $Kx$  y  $Ky$  son factores de escala,  $\alpha$  es un valor de rotación, y ( $x'''',y''''$ ) es la ubicación en las imágenes en crudo de donde los píxeles usados para llenar la ubicación ( $x,y$ ) en la imagen proyectada al piloto debería tomarse.  $Kx$  y  $Ky$ , y  $\alpha$  son datos conocidos que son almacenados en el corrector 380 de LOS.

Las ecuaciones (4) y (5) son ejemplos de los tipos de ecuaciones que se pueden usar para determinar ( $x'''',y''''$ ). Se pueden usar otras ecuaciones que factorizan en un factor de escala, parámetros de corte, una corrección de Euler,

aproximaciones polinomiales, predicciones de la posición de la cabeza del piloto, que pueden ser predichas por algoritmos de predicción del movimiento de la cabeza conocidos, y similares. Una corrección de Euler implica una multiplicación por una matriz de rotación de Euler para transformar correcciones de la ubicación de los píxeles en la LOS del piloto desde coordenadas Cartesianas a coordenadas polares.

5 Se observa que cada una de las correcciones son ejecutadas para cada imagen en crudo. Por lo tanto, la ubicación  $(x''''',y''''')$ <sub>A</sub> del pixel corregido determinada para la imagen en crudo A puede no ser la misma ubicación que la ubicación  $(x''''',y''''')$ <sub>B</sub> del pixel corregido determinada para la imagen en crudo B. Se observa también que las correcciones descritas anteriormente no son ejecutadas en la imagen completa de las imágenes en crudo. Las correcciones se hacen al nivel de un pixel, y producen solo una dirección en memoria en cuanto a cuáles píxeles deberían seleccionarse de las imágenes en crudo para ser “superpuestos” para formar el pixel a ser proyectado al piloto siguiendo el patrón de escaneado de la unidad de proyección. Se observa que ninguna de esas correcciones realmente implica corregir las imágenes en crudo y almacenar las imágenes en crudo corregidas en la memoria. Todas esas correcciones solo implican determinar la ubicación de los píxeles a ser seleccionados de las imágenes en crudo de forma que el pixel proyectado al piloto será corregido de varias distorsiones y cambios en la LOS del piloto. También se observa que la ubicación corregida determinada  $(x''''',y''''')$  puede ser diferente para cada imagen en crudo. Además se observa que el orden de las correcciones ejecutadas no está restringido al orden en el cual han sido presentadas. Por ejemplo, las correcciones concernientes a la LOS del piloto deberían ejecutarse primero, seguidas por las correcciones de la distorsión de la cubierta de la cabina, entonces las de la cámara y finalmente las del visor. También se observa que la técnica descrita no está limitada a las cuatro correcciones enumeradas anteriormente, sino que pueden incluir otras correcciones conocidas, operaciones y funciones a las imágenes en crudo. Además se observa que las correcciones usadas para encontrar ubicaciones de píxeles corregidos (esto es, correcciones de LOS, correcciones de cubierta de la cabina, correcciones de cámara, correcciones de visor y similares) pueden unificarse en una única corrección. Por ejemplo, las Ecuaciones (1), (2), (3), (4) y (5) se puede simplificar en una única ecuación de corrección. Con una única ecuación de corrección, el ubicador 372 de píxeles puede determinar ubicaciones de píxeles corregidos sin la necesidad de componentes hardware adicionales. Por lo tanto, el corrector 374 de distorsión del visor, corrector 376 de distorsión de la cubierta de la cabina, el corrector 378 de distorsión de la cámara y el corrector 380 de LOS pueden ser reemplazados por un único corrector de imagen (no mostrado). También se observa que otros datos conocidos relacionados con el avión, el piloto o ambos, que el ubicador 372 de píxeles se pueden requerir para determinar la ubicación corregida del píxel  $(x,y)$ , pueden almacenarse en la unidad 384 de almacenamiento.

Como se mencionó anteriormente, una vez que la ubicación corregida del píxel  $(x,y)$  es determinada, por ejemplo  $(x''''',y''''')$ , por el ubicador 372 de píxeles en las imágenes en crudo, el extractor 382 de píxeles extrae los píxeles posicionados en  $(x''''',y''''')$  a partir de las imágenes en crudo, que están almacenadas en la unidad 384 de almacenamiento. La posición  $(x''''',y''''')$  puede ser diferente para cada una de las imágenes en crudo. En otra realización de la técnica descrita, una vez que la ubicación corregida del píxel  $(x,y)$  es determinada, por ejemplo píxel  $(x''''',y''''')$ , en las imágenes en crudo, el extractor 382 de píxeles extrae los píxeles en la imagen en crudo posicionados en  $(x''''',y''''')$  y otros píxeles vecinos para cada imagen en crudo. Por ejemplo, tres píxeles vecinos pueden ser seleccionados. Los píxeles vecinos pueden seleccionarse a partir de las siguientes posiciones relativas a la ubicación corregida del píxel  $(x,y)$ : a la derecha, a la izquierda, arriba, abajo, en diagonal hacia arriba a la derecha, en diagonal hacia abajo a la derecha, en diagonal hacia arriba a la izquierda y en diagonal hacia abajo a la izquierda.

El extractor de píxeles proporciona esos píxeles extraídos al procesador 386 de imágenes. El procesador 386 de imágenes manipula los niveles de grises, los niveles de luminancia, los niveles de crominancia, o combinaciones de los mismos, de cada píxel extraído de forma separada según los datos recibidos del sistema de datos del avión, que incluye “superponerlos”. La manipulación de los niveles de grises, niveles de luminancia, niveles de crominancia, o una combinación de los mismos, puede incluir filtrado  $\alpha - \beta$ , así como algoritmos que usan antisolapamiento. En la realización de la técnica descrita donde los píxeles vecinos son extraídos además de los píxeles ubicados en  $(x''''',y''''')$  en cada imagen en crudo, el procesador 386 de imágenes filtra, para cada imagen en crudo, el pixel ubicado en  $(x''''',y''''')$  así como sus píxeles vecinos mediante interpolación bilineal. El procesador 386 de imágenes puede también filtrar, para cada imagen en crudo, el pixel ubicado en  $(x''''',y''''')$  así como los píxeles vecinos mediante el antisolapamiento. La interpolación bilineal determina niveles de grises interpolados, niveles de luminancia, niveles de crominancia, o una combinación de los mismos, para el píxel extraído  $(x''''',y''''')$  y los píxeles vecinos. Se observa que en sistemas de técnicas anteriores, las interpolaciones bilineales se ejecutan mediante el uso de una convolución de normalmente 3 por 3 ó 4 por 4 píxeles sobre una imagen completa. Cuando se seleccionan tres píxeles vecinos, la interpolación bilineal puede ejecutarse mediante el uso de la siguiente expresión

$$\text{Nivel\_gris}(x''''',y''''') = A(1 - \Delta x)(1 - \Delta y) + B(\Delta x)(1 - \Delta y) + C(1 - \Delta x)(\Delta y) + D(\Delta x)(\Delta y) \quad (6)$$

donde  $\text{Nivel\_gris}(x''''',y''''')$  es los niveles de grises interpolados para el píxel en las imágenes en crudo ubicadas en la posición  $(x''''',y''''')$ ,  $A$  es el nivel de gris actual del píxel ubicado en las imágenes en crudo en la posición  $(x''''',y''''')$ ,  $B$ ,  $C$  y  $D$  son los niveles de grises de los tres píxeles vecinos de  $(x''''',y''''')$  en las imágenes en crudo, y  $\Delta x$  y  $\Delta y$  son información de subpíxel para el píxel en las imágenes en crudo ubicadas en  $(x''''',y''''')$ . Se observa que una versión

modificada de la Ecuación (6) puede ser usada cuando se ejecuta la interpolación bilineal en los niveles de luminancia, los niveles de crominancia, o una combinación de los mismos. Después de ejecutar la interpolación bilineal en todos los píxeles extraídos de todas las imágenes en crudo, el píxel extraído con el nivel de capa más alto, con niveles de grises interpolados, es proyectado en el visor del piloto. Se observa que la interpolación bilineal se puede ejecutar mediante el uso de N píxeles vecinos.

Se observa que para proporcionar una imagen “superpuesta” final estable proyectada al piloto con manchas, vibraciones o movimientos mínimos, se requiere que los píxeles de la imagen en crudo manipulados se actualicen con la tasa de refresco máxima de la unidad de proyección. Si la unidad de proyección es un elemento de representación de panel plano (en este documento abreviado como FDP), la tasa de refresco máxima puede ser de 120 Hz o mayor. En general, la tasa de refresco para la unidad de proyección debe no estar por debajo de 60 Hz, aunque la tasa de actualización para los datos auxiliares generados puede ser menor. También, para superar el VOR (esto es, para proyectar imágenes estabilizadas, corregidas espacialmente al piloto en una tasa más rápida que el VOR), se recomienda que la tasa de refresco total del HDP 370 debería ser de al menos 60 Hz.

Como se mencionó anteriormente, el píxel manipulado con el nivel de capa más alto es proyectado al visor del piloto en la ubicación de (x,y). El siguiente píxel a ser proyectado al visor del piloto siguiendo el patrón de escaneado de la unidad de proyección, por ejemplo, el píxel ubicado en (x+1,y), es entonces seleccionado. Los píxeles correspondientes en las imágenes en crudo almacenadas son entonces determinados, extraídos y manipulados (lo que incluye “superposición” de los píxeles correspondientes) antes de ser proyectados al visor del piloto en la ubicación (x+1,y).

El procesador 386 de imágenes selecciona de manera continua la ubicación de píxeles a ser proyectados al visor del piloto. Una vez que todos los píxeles que forman una imagen completa han sido seleccionados, sus ubicaciones correspondientes en las imágenes en crudo determinadas, han sido extraídas, manipuladas y proyectadas al visor del piloto, otra imagen de cámara en crudo es recibida, o generada, de la cámara o del generador de imágenes, y los datos auxiliares actualizados son generados de nuevo en el generador 388 de datos auxiliares y almacenados en la unidad 384 de almacenamiento. Se observa que el tiempo de procesamiento y escaneado para un único píxel es del orden de nanosegundos. Como tal, el tiempo requerido para registrar espacialmente, corregir ópticamente y escanear un único píxel a la imagen proyectada en el visor del piloto, una vez que las imágenes en crudo han sido almacenadas en memoria, es menos que un milisegundo. En tales tasas, el registro espacial y escaneado del primer píxel proyectado al piloto ocurre en tiempo real. Se observa que mediante el uso de la técnica descrita, la cantidad de tiempo requerida para actualizar una imagen proyectada al piloto es 16,6 milisegundos, el tiempo requerido para proporcionar todos los píxeles al visor del piloto. Además, dado que la imagen proyectada al piloto en una posición fija es actualizada a una tasa que es comparable con el tiempo de respuesta del VOR, a medida que el piloto mueve su cabeza, su VOR será capaz de mantener sus ojos alineados en la imagen. También se observa que, según la técnica descrita, dado que el tiempo para registrar espacialmente una imagen ha disminuido, la latencia en el registro de eventos por lo tanto se reduce. En general, solo los datos del sensor de la cabeza son requeridos para registrar espacialmente la imagen proyectada al piloto. Las mediciones concernientes al movimiento del avión, o de un vehículo, son necesarias para registrar eventos adecuadamente con una cantidad mínima de latencia.

La referencia se hace ahora a las Figuras 5A y 5B. La Figura 5A es una ilustración esquemática de un método para escanear y procesar imágenes en tiempo real, operativo según otra realización de la técnica descrita. La Figura 5B es una representación gráfica del método de la Figura 5A. Se observa que en la Figura 5B, la representación gráfica del método de la figura 5A se muestra solo para una imagen, que es proyectada al ojo derecho del usuario. En general, según la técnica descrita, una pluralidad de imágenes se pueden generar simultáneamente, por ejemplo, una imagen a ser proyectada al ojo derecho del usuario, una imagen a ser proyectada al ojo izquierdo del usuario, y una imagen a ser almacenada en la unidad de almacenamiento. Representaciones gráficas análogas de la Figura 5B para una imagen a ser almacenada y para una imagen a ser proyectada al ojo izquierdo del usuario se pueden derivar de la Figura 5B.

En el procedimiento 400 se reciben los datos del avión. Los datos del avión pueden incluir la posición del avión, el movimiento del avión en todas las direcciones, así como otros sistemas relacionados con el avión (esto es, sistemas de aviación), tal como sistema de armas, un sistema de combustible y similares. Con referencia a la Figura 4, el sistema de datos del avión monitoriza la posición del avión, el movimiento del avión en todas las direcciones, así como otros sistemas relacionados con el avión (esto es, sistemas de aviación), tal como un sistema de armas, un sistema de combustible y similares, y opcionalmente almacena estos datos en la unidad 384 de almacenamiento.

En el procedimiento 402, se reciben los datos sobre la cabeza del piloto. Los datos sobre la cabeza del piloto pueden incluir mediciones del movimiento de la cabeza del piloto en todas las direcciones y en varios ángulos y rotaciones, por ejemplo, azimut, elevación, rotación, ubicación espacial, velocidad y aceleración. Los datos sobre la cabeza del piloto pueden también incluir la ubicación y orientación (esto es, la posición) de la cabeza del piloto en relación con la ubicación y orientación del avión. Los datos sobre la cabeza del piloto son recibidos de una manera sincronizada a medida que los datos son necesarios en el procedimiento 410 más adelante para determinar las ubicaciones del píxel corregido. Con referencia a la Figura 4, el sensor de la cabeza está ubicado en el casco del piloto (no mostrado) y mide el movimiento (esto es, azimut, elevación, rotación, ubicación en el marco de referencia del avión, velocidad y aceleración) de la cabeza del piloto en todas las direcciones. Las mediciones del movimiento

son opcionalmente almacenadas en la unidad 384 de almacenamiento. Se observa que los procedimientos 400 y 402 se pueden ejecutar simultáneamente.

En el procedimiento 404, los datos auxiliares, representativos de los datos del avión y los datos de la cabeza del piloto, son generados. La generación de los datos auxiliares puede requerir el uso de los datos del avión recibidos en el procedimiento 400. Los datos auxiliares generados pueden también presentarse al piloto a través del VHUD, un VMFD o ambos. Los datos auxiliares pueden incluir, por ejemplo, simbología del avión (incluyendo tanto simbología estática como dinámica), mapas digitales, datos de una cámara de armas, una cámara de zoom de objetivo y similares. Los datos auxiliares pueden incluir M imágenes de simbología. Con referencia a la Figura 5B, una imagen 468 representa una imagen en crudo almacenada de simbología dinámica generada en el procedimiento 404. Una imagen 470 representa una imagen en crudo almacenada de un mapa digital generado en el procedimiento 404. Con referencia a la Figura 4, el generador 388 de datos auxiliares produce una representación de los datos recibidos desde el sistema de datos del avión. La representación de los datos puede ser, por ejemplo, en la forma de simbología estática así como dinámica, con cada representación de un tipo particular de datos guardada en una imagen separada en la unidad 384 de almacenamiento. La representación de los datos también puede ser, por ejemplo, en la forma de un mapa digital (véase, con referencia a la Figura 3B, la imagen 326), que puede ser puesta en la imagen final, proyectada al piloto, en un formato de PIP. La representación de los datos pueden ser también datos de una cámara de armas, una cámara de zoom de objetivo y similares.

En el procedimiento 406, al menos una imagen es recibida, o generada. Según la técnica descrita, pueden recibirse, o generarse, las imágenes de N fuentes de video y almacenarse. La imagen puede ser, por ejemplo, una imagen de cámara en crudo. La imagen, junto con los datos auxiliares pueden ser referidos como las imágenes en crudo. La imagen de cámara en crudo recibida puede ser intensificada de luz, una imagen FLIR, una imagen ICCD, una imagen de visión nocturna o de otra forma no visible normalmente por el ojo humano. La imagen de cámara en crudo puede también ser generada. Se observa que la lista de imágenes en la técnica descrita no está limitada a tres fuentes (esto es, imagen de cámara en crudo, simbología y mapa digital), sino que puede incluir una pluralidad de fuentes. Se observa también que la imagen de cámara en crudo puede tener distorsiones inherentes debido a la óptica de la cámara. Si la imagen es generada, entonces no habrá presente distorsiones en ella. Con referencia a la Figura 5B, una imagen 466 representa una imagen de cámara en crudo almacenada. Las imágenes 468 y 470 también representan imágenes en crudo almacenadas. Con referencia a la Figura 4, la cámara recibe, o un generador de imágenes genera, una imagen de una escena exterior. La cámara proporciona la imagen al HDP 370. El HDP 370 almacena la imagen de cámara en crudo en la unidad 384 de almacenamiento. Se observa que el procedimiento 406 puede ejecutarse de manera simultánea mientras los procedimientos 400 a 404 se ejecutan.

En el procedimiento 407, los datos auxiliares generados en el procedimiento 404 y la al menos una imagen recibida, o generada, en el procedimiento 406, son almacenados en la unidad de almacenamiento. Con referencia a la Figura 4, la cámara proporciona la imagen al HDP 370. El HDP 370 almacena la imagen de cámara en crudo en la unidad 384 de almacenamiento. Los datos determinados por el sensor de la cabeza son guardados de manera opcional en la unidad 384 de almacenamiento. Los datos determinados y medidos por el sistema de datos del avión son guardados de manera opcional en la unidad 384 de almacenamiento.

En el procedimiento 408, siguiendo el patrón de escaneado de una unidad de proyección (por ejemplo, escaneado de trama, escaneado de movimiento y similares), la ubicación de un píxel a ser proyectado al visor de un usuario es seleccionada. En una alternativa al procedimiento 408, una pluralidad de píxeles a ser proyectados al visor del usuario son seleccionados. El usuario puede ser un piloto de avión. La ubicación de este píxel se puede designar como (x,y). Con referencia a la Figura 5B, una imagen 446 representa una imagen final, manipulada que está siendo proyectada al visor del piloto. Siguiendo el patrón de escaneado de trama de la imagen 446, se selecciona el píxel 448 a ser proyectado en el visor del piloto. El píxel 448 está ubicado en la posición  $(I_{n(r)}, J_{n(r)})$ , donde el subíndice (r) designa que la imagen ha de ser proyectada al ojo derecho de un usuario. En la imagen 446, solo una porción de los píxeles de la imagen 446 han sido ya actualizados y proyectados al piloto según el método descrito con referencia a la Figura 5A, por lo tanto una sección 447 de la imagen 446 todavía no está actualizada. Para fines de claridad, la sección 447 no actualizada de la imagen 446 ha sido omitida. Se observa que la imagen 446 representa una imagen proyectada al ojo derecho del piloto. La imagen manipulada final es una "superposición" de la imagen de cámara en crudo, y la representación de los datos del avión, por ejemplo, la simbología estática y dinámica y un mapa digital. La imagen manipulada final es una imagen procesada en la que los píxeles que la constituyen han sido correctamente registrados espacialmente según una posición fija relativa al piloto. Con referencia a la Figura 4, una vez que la imagen de cámara en crudo, así como la simbología y el mapa digital (en este documento referidos como las imágenes en crudo) son almacenados en la memoria, el procesador 386 de imágenes selecciona la ubicación del píxel que ha de ser proyectado al visor del piloto.

En el procedimiento 410, la ubicación de los píxeles de las imágenes en crudo en la unidad de almacenamiento que serán superpuestos para formar el píxel (I,J) son determinados. Las imágenes en crudo pueden estar almacenadas, por ejemplo, en memorias intermedias. Debido a la distorsión inherente en las imágenes en crudo, y los cambios en la LOS del piloto y la posición de su cabeza, las ubicaciones corregidas de los píxeles en las imágenes en crudo en la unidad de almacenamiento que serán superpuestas para formar el píxel registrado espacialmente, corregido ópticamente y corregido de LOS (I,J) en la imagen proyectada al piloto necesitan ser determinadas. La determinación puede incluir corregir cualquier distorsión (por ejemplo, distorsión de cojín o distorsión de barril) en las

imágenes en crudo. Las correcciones se hacen mediante el uso de datos conocidos, tal como datos del avión y datos de la cabeza, que son medidos respectivamente en los procedimientos 400 y 402. Como se mencionó anteriormente, los datos medidos de la cabeza en el procedimiento 402 se sincronizan para ser recibidos cuando los datos son requeridos, en el procedimiento 410, para determinar ubicaciones corregidas de los píxeles de las imágenes en crudo. A este respecto, los datos más actualizados concernientes a la cabeza del piloto se usan para determinar las ubicaciones corregidas de los píxeles en las imágenes en crudo. Las correcciones son ejecutadas mediante el uso de polinomios conocidos, LUT, correcciones de Euler, aproximaciones polinomiales y similares, todos los cuales se pueden usar para corregir la distorsión inherente en las imágenes en crudo, o las imágenes proyectadas al visor del piloto. Las correcciones pueden también incluir escalar, cortar, desplazar, rotar, aproximaciones polinomiales y filtrar espacialmente según las mediciones del movimiento de la cabeza del piloto de forma que la ubicación espacial de la imagen proyectada al piloto es corregida según la LOS del piloto. Las correcciones pueden además incluir predicciones de la posición de la cabeza del piloto, que pueden ser predichas mediante algoritmos de predicción del movimiento de la cabeza conocidos. Las correcciones son ejecutadas para determinar la ubicación de los píxeles a ser leídos (esto es, recuperados) de la unidad de almacenamiento de forma que serán registrados espacialmente en la imagen proyectada al piloto. Ejemplos de distorsión incluye distorsión de cubierta de la cabina, distorsión del visor y distorsión de la cámara. Las correcciones para la distorsión del visor y la distorsión de la cubierta de la cabina se pueden referir a determinar ubicaciones de píxeles en las imágenes en crudo de forma que la imagen proyectada será distorsionada adecuadamente de forma que será vista adecuadamente en el visor del piloto, en la cubierta de la cabina del avión, o en ambos. Como se conoce en la técnica, tanto la cubierta de la cabina como el visor son superficies curvadas, cada una con su distorsión inherente. Se observa que la determinación de la ubicación de los píxeles a partir de las imágenes en crudo que serán superpuestos para formar el píxel (I,J) es ejecutada para cada imagen en crudo.

Con referencia a la figura 5B, después de que el píxel  $(I_{n(r)}, J_{n(r)})$  ha sido seleccionado de la imagen 446, una corrección 450 de la cubierta de la cabina que usa la Ecuación (2) es ejecutada en esa ubicación de píxel. Después de la corrección de la cubierta de la cabina, una nueva, ubicación corregida para el píxel es determinada, que es  $(I'_{n(r)}, J'_{n(r)})$ . De manera similar, después de que la corrección 450 de la cubierta de la cabina ha sido ejecutada, una corrección 452 del visor que usa la Ecuación (1) es ejecutada en la ubicación del píxel  $(I'_{n(r)}, J'_{n(r)})$ . Después de la corrección del visor, una nueva, ubicación corregida para el píxel es determinada, que es  $(I''_{n(r)}, J''_{n(r)})$ . Después de que la corrección 452 del visor ha sido ejecutada, una corrección 454 de cámara que usa la Ecuación (3) es ejecutada en la ubicación del píxel  $(I''_{n(r)}, J''_{n(r)})$ . Después de la corrección de cámara, una nueva, ubicación corregida para el píxel es determinada, que es  $(I'''_{n(r)}, J'''_{n(r)})$ . Después de que la corrección 454 de cámara ha sido ejecutada, una corrección 456 de LOS que usa las Ecuaciones (4) y (5) es ejecutada en la ubicación de píxel  $(I'''_{n(r)}, J'''_{n(r)})$ . La corrección 456 de LOS puede también incluir una corrección de Euler en la ubicación de píxel  $(I'''_{n(r)}, J'''_{n(r)})$ . Después de la corrección de LOS, una nueva, ubicación corregida para el píxel es determinada, que es  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$ . Se observa que las correcciones ejecutadas en el píxel  $(I_{n(r)}, J_{n(r)})$  se hacen para cada imagen en crudo. También se observa que la corrección 450 de la cubierta de la cabina, la corrección 452 del visor, la corrección 454 de la cámara y la corrección 456 de LOS se pueden unificar en una única corrección que produce  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$  (la ubicación corregida para un píxel dado) directamente. Se observa además que el orden de las correcciones puede ser alterado. Por ejemplo, la corrección 454 de cámara puede ser ejecutada antes de que se ejecute la corrección 450 de la cubierta de la cabina. Con referencia a la Figura 4, el ubicador 372 de píxeles determina la ubicación de los píxeles de las imágenes en crudo que serán "superpuestos" para formar el píxel (x,y). Algunos de los componentes del ubicador 372 de píxeles corrigen la distorsión inherente en las imágenes en crudo. Otros componentes cortan, desplazan, escalan, rotan y realizan correcciones de imagen en las imágenes en crudo según la dirección de la cabeza del piloto.

En el procedimiento 412, los píxeles ubicados en la ubicación determinada en el procedimiento 410, esto es, en la Figura 5B, los píxeles ubicados en la posición  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$ , son leídos (esto es, recuperados o extraídos) de la unidad de almacenamiento. Con referencia a la Figura 5B, un píxel 458 de la imagen 466 y un píxel 462 de la imagen 468 son leídos. Cada uno de los píxeles 458 y 462 son ubicados en las posiciones  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$  en sus imágenes respectivas. Se observa que la posición  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$  puede ser diferente para cada imagen en crudo, dado que la determinación de la ubicación del píxel corregido es ejecutada en cada imagen en crudo. Un píxel 472 representa una versión leída del píxel 458, y un píxel 474 representa una versión leída del píxel 462. Un píxel 460 en la imagen 466 y un píxel 464 en la imagen 468 son cada uno posicionados en la posición  $(I_{n(r)}, J_{n(r)})$  para mostrar la diferencia entre esa posición de píxel y la ubicación determinada de la posición de píxel corregida  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$ . En este ejemplo en particular, dado que no se proyectarán datos de la imagen 470 al campo de visión del piloto en el píxel  $(I_{n(r)}, J_{n(r)})$ , no se extraen píxeles de la imagen 470. Con referencia a la Figura 4, el extractor 382 de píxeles entonces extrae los píxeles correspondientes y los proporciona al procesador 386 de imágenes.

En el procedimiento 414, una vez que los píxeles se ubican en la ubicación determinada en el procedimiento 410, esto es, en la Figura 5B, los píxeles ubicados en la posición  $(I''''_{n(r)}, J''''_{n(r)})$ , son leídos (esto es, recuperados) de las imágenes en crudo en la unidad de almacenamiento, otros píxeles vecinos a estos píxeles se leen también de cada imagen en crudo en la unidad de almacenamiento. Por ejemplo, se pueden seleccionar tres píxeles vecinos. Los píxeles vecinos se pueden seleccionar de entre las siguientes posiciones relacionadas con la ubicación correcta del píxel (x, y): a la derecha, a la izquierda, arriba, abajo, en diagonal hacia arriba a la derecha, en diagonal hacia abajo a la derecha, en diagonal hacia arriba a la izquierda y en diagonal hacia abajo a la izquierda. Con referencia a la

Figura 4, una vez que se determina la correcta ubicación del píxel (x, y), por ejemplo el píxel (x''',y'''), en las imágenes en crudo, el extractor 382 de píxeles extrae los píxeles en las imágenes en crudo posicionados en (x''',y''') y otros píxeles vecinos de cada imagen en crudo.

5 En el procedimiento 416, para cada imagen en crudo, se filtra la ubicación de los píxeles determinada en el procedimiento 410, así como sus píxeles vecinos. El filtrado se puede ejecutar usando una interpolación bilineal, un algoritmo que utiliza antisolapamiento, filtrado  $\alpha - \beta$ , o una combinación de los mismos. Por ejemplo, si se ejecuta una interpolación bilineal, entonces la interpolación bilineal determina los niveles de grises interpolados, los niveles de luminancia, los niveles de crominancia, o una combinación de los mismos, para la ubicación de los píxeles leída (esto es, recuperada) determinada en el procedimiento 410 y sus píxeles vecinos. La interpolación bilineal se puede ejecutar para tres píxeles vecinos mediante el uso de la Ecuación (6). Se ha de observar que la Ecuación (6) es un ejemplo de uso de una interpolación bilineal con tres píxeles vecinos. La interpolación bilineal se puede ejecutar también con N píxeles vecinos. Con referencia a la Figura 4, en la realización de la técnica descrita donde los píxeles vecinos se extraen además de los píxeles ubicados en (x''',y''') en cada imagen en crudo, el procesador 386 de imágenes filtra, para cada imagen en crudo, el píxel ubicado en (x''',y''') así como sus píxeles vecinos mediante interpolación bilineal. La interpolación bilineal determina los niveles de grises interpolados, los niveles de luminancia, los niveles de crominancia, o una combinación de los mismos, para el píxel extraído (x''',y''') y sus píxeles vecinos.

20 En el procedimiento 418, se ajustan los niveles de grises, los niveles de luminancia, los niveles de crominancia, o una combinación de los mismos, de los píxeles leídos (por ejemplo, la transparencia, el contraste, el brillo, la corrección gamma, el filtrado, el nivel de capa y las preferencias de imagen) según los datos auxiliares. Los datos del avión recibidos en el procedimiento 400 se pueden usar para ajustar los niveles de grises de los píxeles extraídos. Ya que el ajuste a los niveles de grises de los píxeles extraídos incluye los niveles de capa de los píxeles leídos, los píxeles leídos se "superponen" ya que sus niveles de capa han sido determinados. El píxel leído con el nivel de capa más alto será el único píxel realmente proyectado al piloto, dando de este modo al piloto la percepción de píxeles leídos superpuestos. Se ha de destacar que para proporcionar una imagen proyectada estable al piloto con las mínimas manchas, vibraciones e inestabilidad, se requiere que la actualización de los píxeles extraídos sea realizada con la máxima tasa de refresco de una unidad de proyección usada para proyectar la imagen al piloto. La tasa de refresco de la unidad de proyección debería ser al menos de 60 Hz. Con referencia a la Figura 5B, se ajustan los niveles de grises de los píxeles 472 y 474 leídos, cediendo de este modo de manera parcial al nivel de gris ajustado respectivamente a los píxeles 478 y 476. Una vez que se determinan los niveles de capa respectivos de los píxeles 476 y 478, y los niveles de grises de los píxeles 476 y 478 totalmente ajustados, el píxel 478, que tiene un nivel de capa mayor que el píxel 476, se "superpone" sobre el píxel 476, cediendo al píxel 480. Manipulando sus niveles de grises respectivos, los píxeles 476 y 478 se "superponen" en un píxel 480 único, que se ha de proyectar a la posición (I,J). Con referencia a la Figura 4, el procesador 386 de imágenes manipula los niveles de grises de los píxeles correspondientes (por ejemplo, la transparencia, el contraste, el brillo, la corrección gamma, el filtrado, el nivel de capa y las preferencias de imagen) según los datos recibidos del sistema de datos del avión.

35 En el procedimiento 420, el píxel (I,J) "superpuesto" se proyecta al visor del piloto en la posición (I,J). En una alternativa al procedimiento 420, el píxel (I,J) "superpuesto" se proporciona a una unidad de registro, que registra y almacena una imagen actualizada similar a la imagen proyectada al piloto. Con referencia a la Figura 5B, el píxel 480 se proyecta en una imagen 482 al visor del piloto. La imagen 482 es la misma imagen que la imagen 446, excepto en que en la imagen 482, un píxel 484 en la posición (I,J) se ha ocupado con el píxel 480. Como se mencionó antes respecto a la imagen 446, una sección 483 de la imagen 482 no está actualizada. Por propósitos de claridad, la sección 483 no actualizada se ha omitido de la imagen 482. Con referencia a la Figura 4, el píxel manipulado con el mayor nivel de capa se proyecta después al visor del piloto en la ubicación de (x,y).

45 Se ha de observar que el procedimiento 420 vuelve al procedimiento 408, donde se selecciona otro píxel a ser proyectado al piloto, siguiendo el patrón de escaneo de la unidad de proyección. El procedimiento 420 continúa para volver al procedimiento 408 hasta que se llenen todos los píxeles de una imagen dada. Una vez que todos los píxeles de han llenado, se recibe otra imagen, por ejemplo una imagen de cámara en crudo, o se genera otra imagen, y se reciben los datos del avión actualizados y los datos de la cabeza del piloto. Con referencia a la Figura 4, una vez que todos los píxeles que forman una imagen completa se han seleccionado, sus ubicaciones correspondientes en las imágenes en crudo determinadas, se han extraído, manipulado y proyectado al visor del piloto, se recibe otra imagen de cámara en crudo, o se genera, de la cámara o desde el generador de imágenes, y los datos auxiliares actualizados se generan nuevamente en el generador 388 de datos auxiliares y se almacenan en la unidad 384 de almacenamiento.

55 Será apreciado por las personas expertas en la técnica que la técnica descrita no se limita particularmente a lo que se ha mostrado y descrito anteriormente. Más bien el alcance de la técnica descrita se define sólo por las reivindicaciones, que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para presentar al menos una imagen con respecto a una línea de visión (LOS), sustancialmente sin latencia de imagen percibida por un usuario humano, siendo la LOS determinada entre la cabeza de un usuario y al menos un sistema de coordenadas establecido en el espacio, dicho al menos un sistema de coordenadas y dicha al menos una imagen presentada estando en movimiento relativo entre ellos, comprendiendo el aparato:
- 5 una fuente de imágenes, para proporcionar al menos una imagen no registrada espacialmente, comprendiendo dicha al menos una imagen no registrada espacialmente una pluralidad de píxeles; y
- una unidad (262) de representación, para presentar una imagen no registrada espacialmente en una superficie de representación;
- 10 dicho aparato caracterizado por que dicho aparato comprende:
- un procesador (370) del elemento de representación, acoplado con dicha fuente de imagen y dicha unidad de representación, para registrar espacialmente dicha al menos una imagen no registrada espacialmente con dicha LOS,
- donde dicho procesador del elemento de representación comprende:
- 15 una unidad (384) de almacenamiento, para almacenar dicha al menos una imagen no registrada espacialmente;
- un procesador (386) de imagen, para seleccionar de manera iterativa una ubicación de un píxel en dicha superficie de representación; y
- 20 un ubicador (372) de píxeles, acoplado con dicho procesador de imágenes, para determinar respectivamente en dicha al menos una imagen no registrada espacialmente, una ubicación de píxel no registrado correspondiente a dicha ubicación de píxel seleccionada en dicha superficie de representación,
- donde un píxel almacenado en dicha ubicación de píxel no registrada representa un píxel registrado espacialmente en dicha ubicación de píxel seleccionada en dicha superficie de representación,
- 25 donde para cada ubicación de píxel seleccionada en dicha superficie de representación, dicho procesador de representación que extrae dicho píxel almacenado en dicha ubicación de píxel no registrada y que proporciona dicho píxel almacenado en dicha ubicación de píxel no registrado a dicha unidad de representación, representando dicha unidad de representación dicho píxel almacenado en dicha ubicación de píxel no registrado en dicha ubicación de píxel seleccionada en dicha superficie de representación, y
- 30 donde para cada una de dichas imágenes registradas espacialmente, al menos uno de dichos píxeles almacenados en dicha ubicación de píxel sin registrar extraído por dicho procesador del elemento de representación que está siendo representado por dicha unidad de elemento de representación antes de que al menos otro de dichos píxeles almacenados en dicha ubicación de píxel sin registrar sea extraído por dicho procesador del elemento de representación, de este modo representando dicho al menos una imagen con respecto a dicha LOS sustancialmente sin latencia de imagen al ser percibida por dicho usuario humano mientras dicha
- 35 unidad de representación representa de manera iterativa los píxeles respectivos en dicha ubicación de píxel seleccionada en dicha superficie de representación.
2. El aparato según la reivindicación 1, donde dicha superficie de representación es seleccionada de la lista que consiste en:
- un visor óptico visible por al menos un ojo de dicho usuario;
- 40 un elemento de representación montado en un casco;
- un elemento de representación cabeza-arriba;
- un elemento de representación cabeza-abajo;
- un elemento de representación cabeza-arriba virtual; y
- un elemento de representación multi función virtual.
- 45 3. El aparato según la reivindicación 1, donde dicho ubicador de píxeles comprende un corrector (374) de distorsión del visor para determinar dicha ubicación de píxel no registrado correspondiente a dicha ubicación de píxel seleccionado en dicha superficie de representación según la distorsión inherente en un visor óptico usado como una superficie de representación.
4. El aparato según la reivindicación 1, donde dicha fuente de imagen es seleccionada de una lista que consiste en:

una cámara;

un generador (388) de datos auxiliares; y

un generador de imágenes.

5 5. El aparato según la reivindicación 1, donde dicho ubicador de píxeles comprende un corrector (378) de distorsión de cámara para determinar dicha ubicación de píxel no registrado, correspondiente a dicha ubicación de píxel seleccionado en dicha superficie de representación, en dicha al menos una imagen no registrada espacialmente recibida desde una cámara según la distorsión inherente en la óptica de dicha cámara.

6. El aparato según la reivindicación 1, donde dicha fuente de imágenes es una cámara seleccionada de la lista que consiste en:

10 una cámara de IR;

una cámara de luz visible;

una cámara ICCD;

una cámara intensificada de imagen;

una cámara fusionada con sensor; y

15 un sistema de visión nocturna panorámico del avión.

7. El aparato según la reivindicación 1, donde dicha fuente de imagen es un generador de imágenes que genera al menos una imagen de realidad virtual.

20 8. El aparato según la reivindicación 1, que además comprende un sensor de la cabeza, acoplado con dicho procesador del elemento de representación, para determinar la posición de la cabeza de dicho usuario, relacionada con dicho al menos un sistema de coordenadas.

9. El aparato según la reivindicación 8, donde dicho ubicador de píxeles comprende un corrector (380) de línea de visión de cabeza para determinar dicha ubicación de píxel no registrado correspondiente a dicha ubicación de píxel seleccionado en dicha superficie de representación según dicha posición determinada de la cabeza de dicho usuario.

25 10. El aparato según la reivindicación 1, donde dicha al menos una imagen no registrada espacialmente es seleccionada de la lista que consiste en:

una imagen de cámara de IR;

una imagen de cámara de luz visible;

una imagen de cámara ICCD;

30 una imagen de cámara intensificada de imagen;

una imagen del sistema de visión nocturna panorámico del avión;

una imagen de VHUD;

una imagen de VMFD;

una imagen de realidad virtual;

35 una imagen del mundo virtual;

simbología estática;

simbología dinámica;

un mapa digital;

una imagen de cámara de armas;

40 una imagen de vista de armas;

una imagen de zoom de objetivo;

una imagen de cámara diurna de HMD;  
 una imagen de cámara nocturna de HMD;  
 una entrada de video de tres dimensiones; y  
 patrones de calibración interna.

- 5 11. El aparato según la reivindicación 1, donde dicho ubicador de píxeles comprende un corrector (376) de distorsión de cubierta de la cabina para determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación según la distorsión inherente en una cubierta de la cabina de un vehículo.
- 10 12. El método para representar al menos una imagen con respecto a una línea de visión (LOS), substancialmente sin latencia de imagen al ser percibida por un usuario humano, la LOS que es determinada entre la cabeza de un usuario y al menos un sistema de coordenadas establecido en el espacio, dicho al menos un sistema de coordenadas y dicha al menos una imagen representada que están en relativo movimiento entre ellos, el método comprende los procedimientos de:
- 15 proporcionar al menos una imagen (406) no registrada espacialmente, desde una fuente de imágenes, comprendiendo dicha al menos una imagen no registrada espacialmente una pluralidad de píxeles; y  
 almacenar dicha al menos una imagen (407) no registrada espacialmente;  
 caracterizada en que dicho método comprende los procedimientos de:
- seleccionar de manera iterativa una ubicación de pixel en una superficie (408) de representación;
- 20 determinar respectivamente en dicha al menos una imagen no registrada espacialmente una ubicación (410) de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación;  
 y  
 para cada ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación, extraer un pixel almacenado en dicha ubicación (412) de pixel no registrado y representar dicho pixel almacenado en dicha ubicación de pixel no registrado en dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie (420) de representación,
- 25 donde dicho píxel almacenado en dicha ubicación de pixel no registrado representa un píxel registrado espacialmente en dicha ubicación de píxel seleccionada en dicha superficie de representación, y  
 donde para dicha la menos una imagen representada, al menos uno de dichos píxeles almacenados en dicha ubicación de píxel no registrado es extraído y representado en dicha ubicación de píxel seleccionada respectiva en dicha superficie de representación antes de que al menos otro de dicho pixel almacenado en dicha ubicación de pixel no registrado sea extraído,
- 30 de este modo representando dicha al menos una imagen con respecto a dicha LOS substancialmente sin latencia de imagen al ser percibida por un usuario humano pues los píxeles son representados respectivamente en cada dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación.
- 35 13. El método según la reivindicación 12, donde dicho al menos un sistema de coordenadas es establecido en un espacio real.
14. El método según la reivindicación 12, donde dicho al menos un sistema de coordenadas es establecido en un espacio virtual.
15. El método según la reivindicación 12, que además comprende el procedimiento de ajustar los niveles de dicho pixel almacenado en dicha ubicación (418) de pixel no registrado antes de dicho procedimiento de representación.
- 40 16. El método según la reivindicación 15, donde dichos niveles son seleccionados de la lista que consiste en:  
 niveles de grises;  
 niveles de luminancia; y  
 niveles de crominancia.
- 45 17. El método según la reivindicación 15, donde dicho procedimiento de ajuste de dichos niveles es ejecutado mediante el uso de al menos un filtrado  $\alpha - \beta$  y al menos un algoritmo de anti solapamiento.

18. El método según la reivindicación 12, que además comprende el procedimiento de registrar dicho pixel almacenado en dicha ubicación de pixel no registrado representado en dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación.
- 5 19. El método según la reivindicación 12, donde dicho procedimiento de determinar respectivamente comprende determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionado en dicha superficie según al menos un tipo de distorsión, dicha al menos un tipo de distorsión seleccionado de la lista que consiste en:
- distorsión inherente del visor óptico en un visor óptico;
- distorsión inherente de la cubierta de la cabina del vehículo en la cubierta de la cabina del vehículo;
- 10 distorsión inherente de la cámara en la óptica de una cámara; y
- distorsión de la LOS de la cabeza.
20. El método según la reivindicación 19, donde dicho procedimiento de determinar respectivamente comprende determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación según dicha distorsión del visor óptico, según al menos una operación seleccionada de la lista que consiste en:
- 15 un polinomio conocido que considera dicha distorsión inherente en dicho visor óptico;
- una tabla de búsqueda; y
- una función que permite determinar dicha ubicación de pixel no registrado.
21. El método según la reivindicación 19, donde dicho procedimiento de determinar respectivamente comprende determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación según dicha distorsión de cámara en dicha al menos una imagen no registrada espacialmente recibida de dicha cámara, según al menos una operación seleccionada de la lista que consiste en:
- un polinomio conocido que considera dicha distorsión de cámara en dicha al menos una imagen no registrada espacialmente recibida de dicha cámara;
- 25 una tabla de búsqueda; y
- una función que permite determinar dicha ubicación de pixel no registrado.
22. El método según la reivindicación 19, que además comprende el procedimiento de determinar la posición de la cabeza de dicho usuario (402), relacionada con dicho al menos un sistema de coordenadas.
- 30 23. El método según la reivindicación 22, donde dicha posición comprende la ubicación y la orientación de la cabeza de dicho usuario.
24. El método según la reivindicación 22, donde dicho procedimiento de determinar respectivamente comprende determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha superficie de representación según dicha distorsión de LOS de cabeza y la posición determinada de la cabeza de dicho usuario, según al menos una operación seleccionada de la lista que consiste en:
- 35 una ecuación que usa al menos un factor de escala;
- una ecuación que usa al menos un factor de desplazamiento;
- una ecuación que usa al menos un factor de rotación;
- una ecuación que usa al menos un parámetro de corte;
- una corrección de Euler;
- 40 una aproximación polinomial;
- un algoritmo que usa una predicción de la posición de la cabeza de dicho usuario; y
- un filtro espacial de dicho al menos una imagen no registrada espacialmente.
25. El método según la reivindicación 22, en el que dicho procedimiento de determinar respectivamente comprende determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha

superficie de representación según dicha distorsión de LOS de cabeza y la posición determinada de la cabeza de dicho usuario para al menos un ojo de dicho usuario.

26. El método según la reivindicación 12, donde dicha al menos una imagen no registrada espacialmente es seleccionada de la lista que consiste en:

- 5 una imagen de cámara de IR;
- una imagen de cámara de luz visible;
- una imagen de cámara ICCD;
- una imagen de cámara intensificada de imagen;
- una imagen del sistema de visión nocturna panorámico del avión;

- 10 una imagen de VHUD;
- una imagen de VMFD;
- una imagen de realidad virtual;
- una imagen del mundo virtual;
- simbología estática;

- 15 simbología dinámica;
- un mapa digital;
- una imagen de cámara de armas;
- una imagen de vista de armas;
- una imagen de zoom de objetivo;

- 20 una imagen de cámara diurna de HMD;
- una imagen de cámara nocturna de HMD;
- una entrada de video de tres dimensiones; y
- patrones de calibración interna.

27. El método según la reivindicación 12, que además comprende el procedimiento de leer al menos un pixel vecino de dicho pixel almacenado en dicha ubicación de pixel no registrado de dicha al menos una imagen (414) no registrada espacialmente almacenada.

28. El método según la reivindicación 27, que además comprende el procedimiento de filtrar uno de dichos pixeles almacenados leídos en dicha ubicación de pixel no registrado y dicho al menos un pixel (416) vecino leído mediante el uso de al menos uno entre interpolación bilineal y anti solapamiento.

30 29. El método según la reivindicación 28, donde dicha interpolación bilineal es ejecutada mediante el uso de la expresión

$$Nivel\_gris(x''', y''') = A(1 - \Delta x)(1 - \Delta y) + B(\Delta x)(1 - \Delta y) + C(1 - \Delta x)(\Delta y) + D(\Delta x)(\Delta y)$$

35 donde  $Nivel\_gris(x''', y''')$  es los niveles de grises interpolados para dicho pixel almacenado leído en dicha ubicación de pixel no registrado,  $A$  es el nivel de gris actual de dicho pixel almacenado leído en dicha ubicación del pixel no registrado,  $B$ ,  $C$  y  $D$  son respectivamente los niveles de grises de al menos un primer, segundo y tercero pixel vecino leído de dicho pixel almacenado leído en dicha ubicación de pixel no registrado, y  $\Delta x$  y  $\Delta y$  son información de subpíxel para dicho pixel almacenado leído en dicha ubicación de pixel no registrado.

30. El método según la reivindicación 12, que además comprende los procedimientos de:  
determinar la posición de un avión; y

40 monitorizar datos determinados por los sistemas (400) de aviación relacionados con dicho avión.

31. El método según la reivindicación 19, donde dicho procedimiento de determinar respectivamente comprende determinar dicha ubicación de pixel no registrado correspondiente a dicha ubicación de pixel seleccionada en dicha

superficie de representación según dicha distorsión de cubierta de la cabina del vehículo, según dicha al menos una operación seleccionada de la lista que consiste en:

un polinomio conocido que considera dicha distorsión de cubierta de la cabina;

una tabla de búsqueda; y

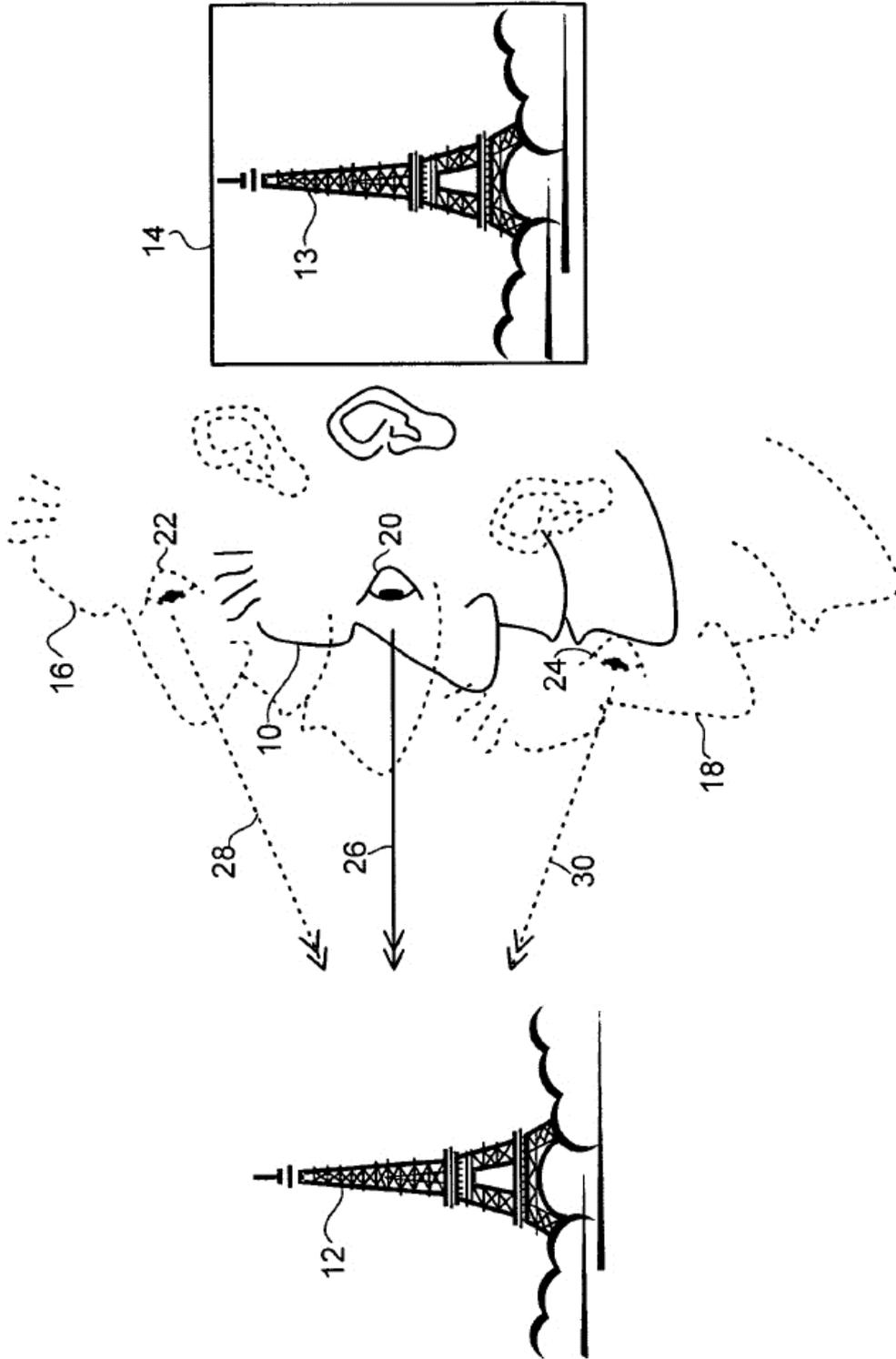
5 una función que permite determinar dicha ubicación de pixel no registrado.

32. El aparato según la reivindicación 1, donde dicha LOS es actualizada en tiempo real.

33. El aparato según la reivindicación 8, donde dicha LOS es actualizada según una determinación más actualizada de dicha posición de dicha cabeza de dicho usuario.

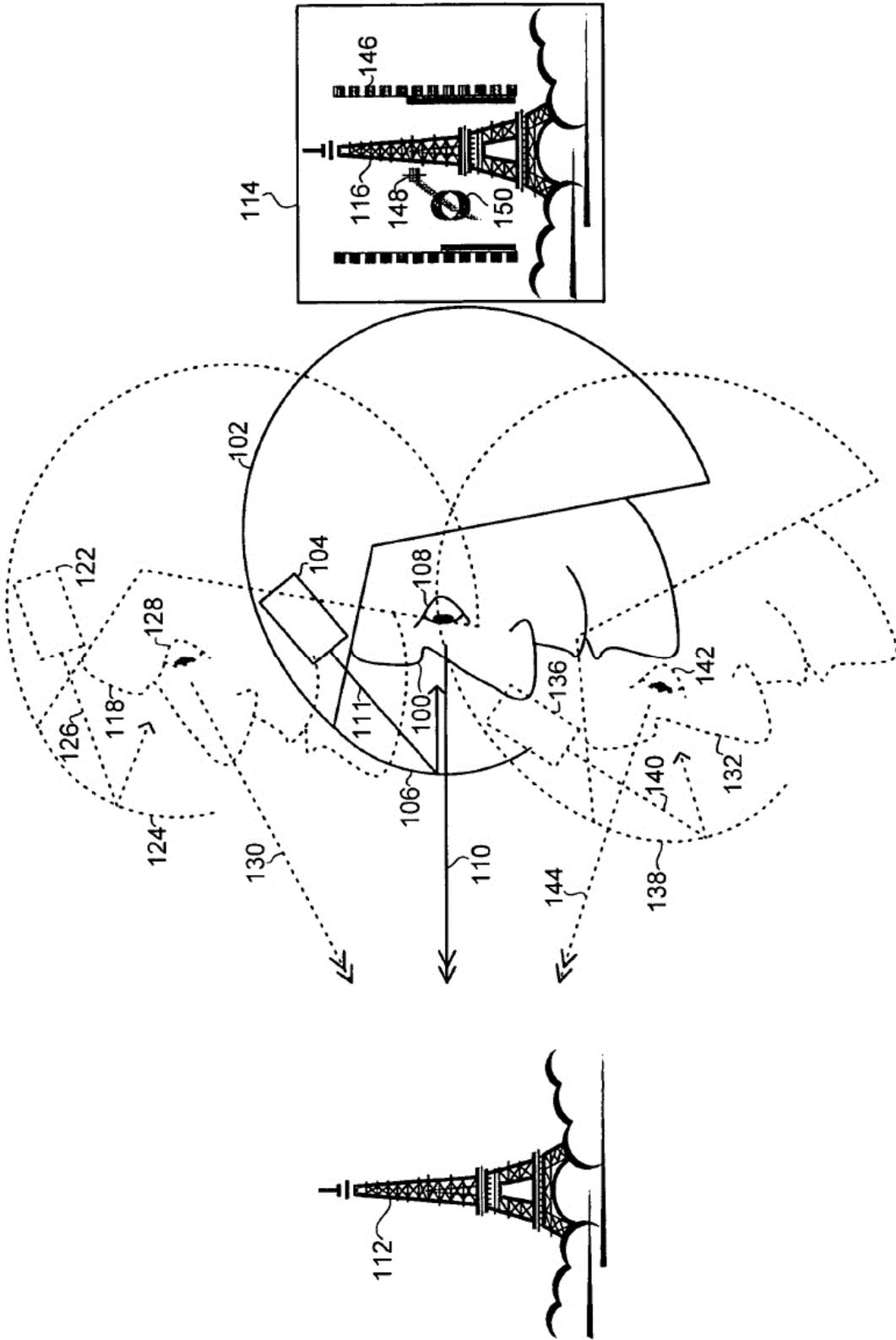
10 34. El método según la reivindicación 12, que además comprende el procedimiento de actualizar dicha LOS en tiempo real.

35. El método según la reivindicación 22, que además comprende el procedimiento de actualizar dicha LOS según una determinación más actualizada de dicha posición de dicha cabeza de dicho usuario.

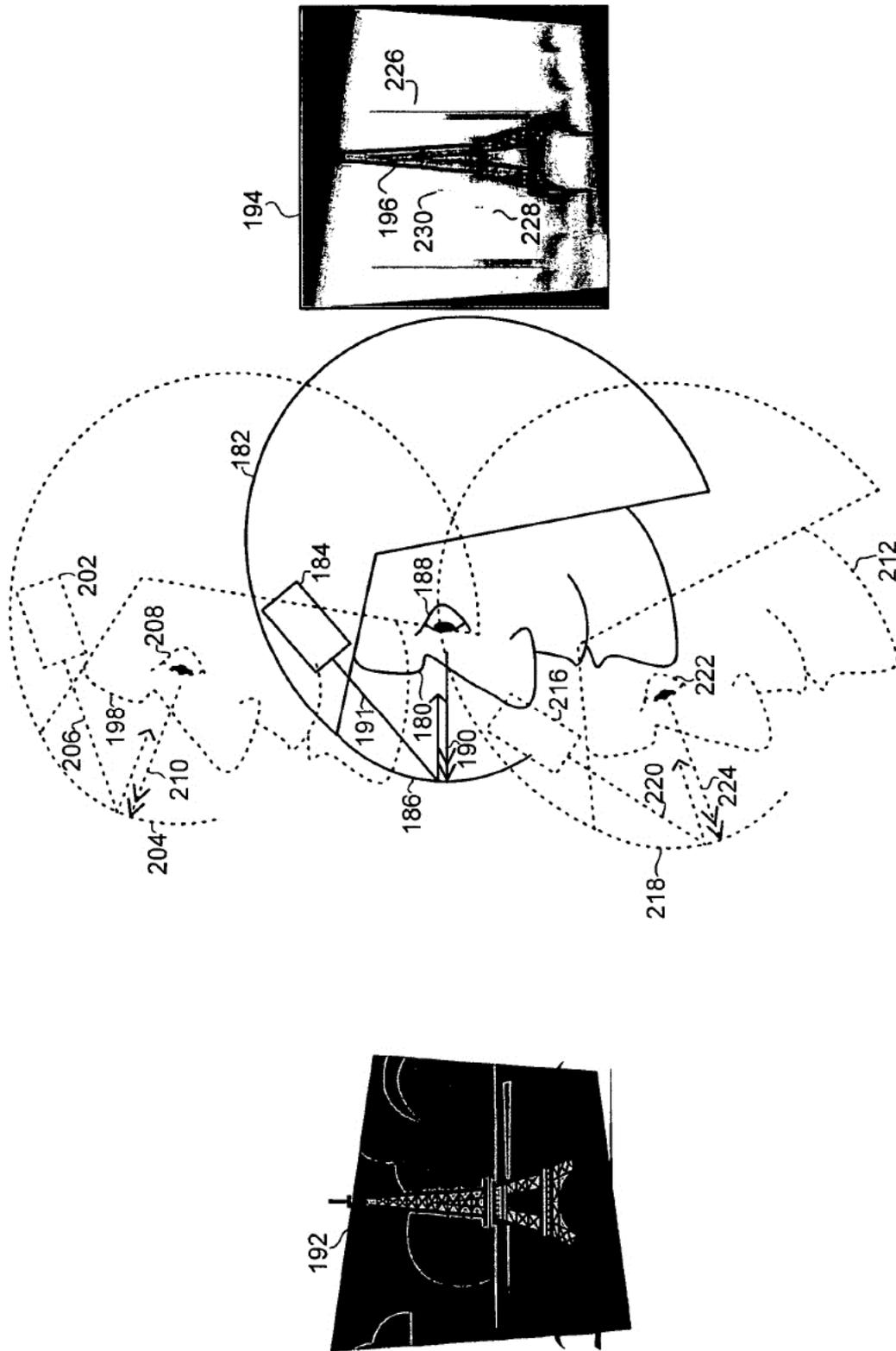


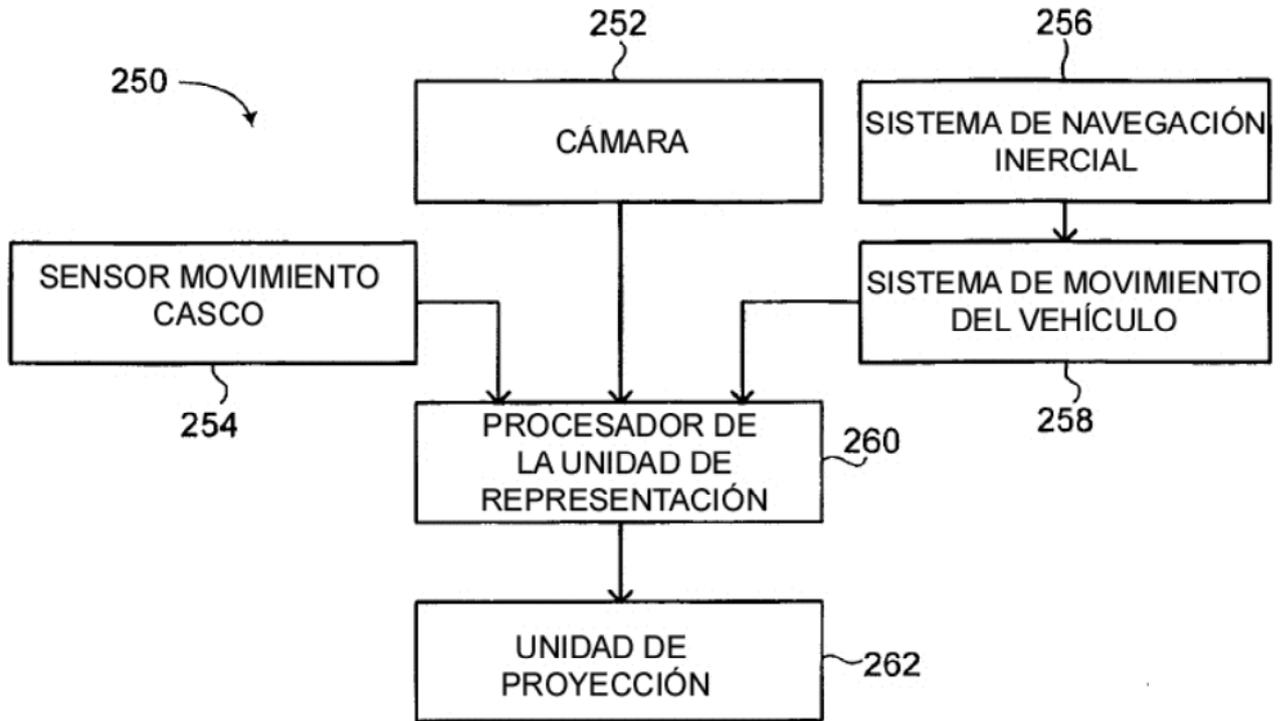
**FIG. 1A**  
TÉCNICA ANTERIOR



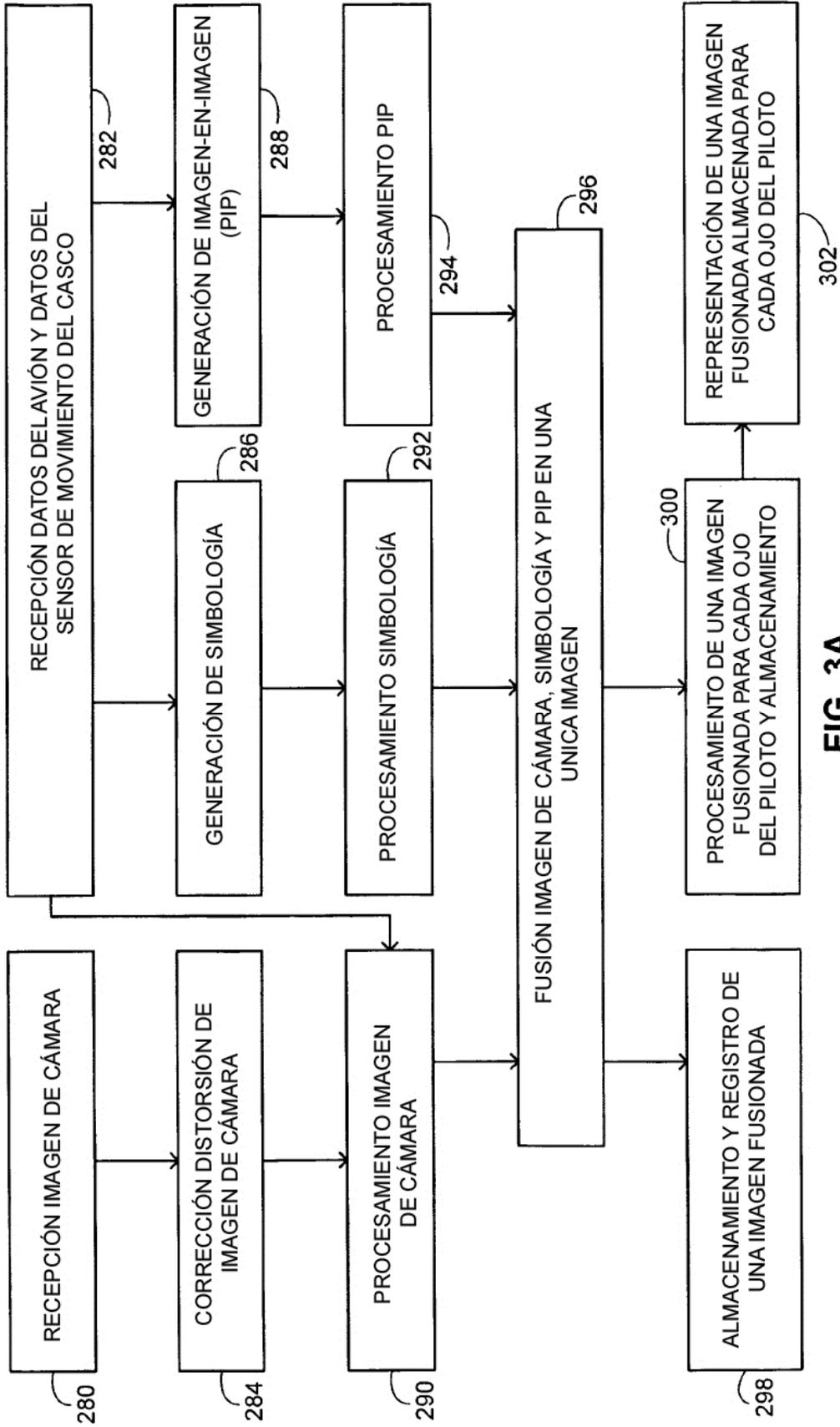


**FIG. 1C**  
TÉCNICA ANTERIOR

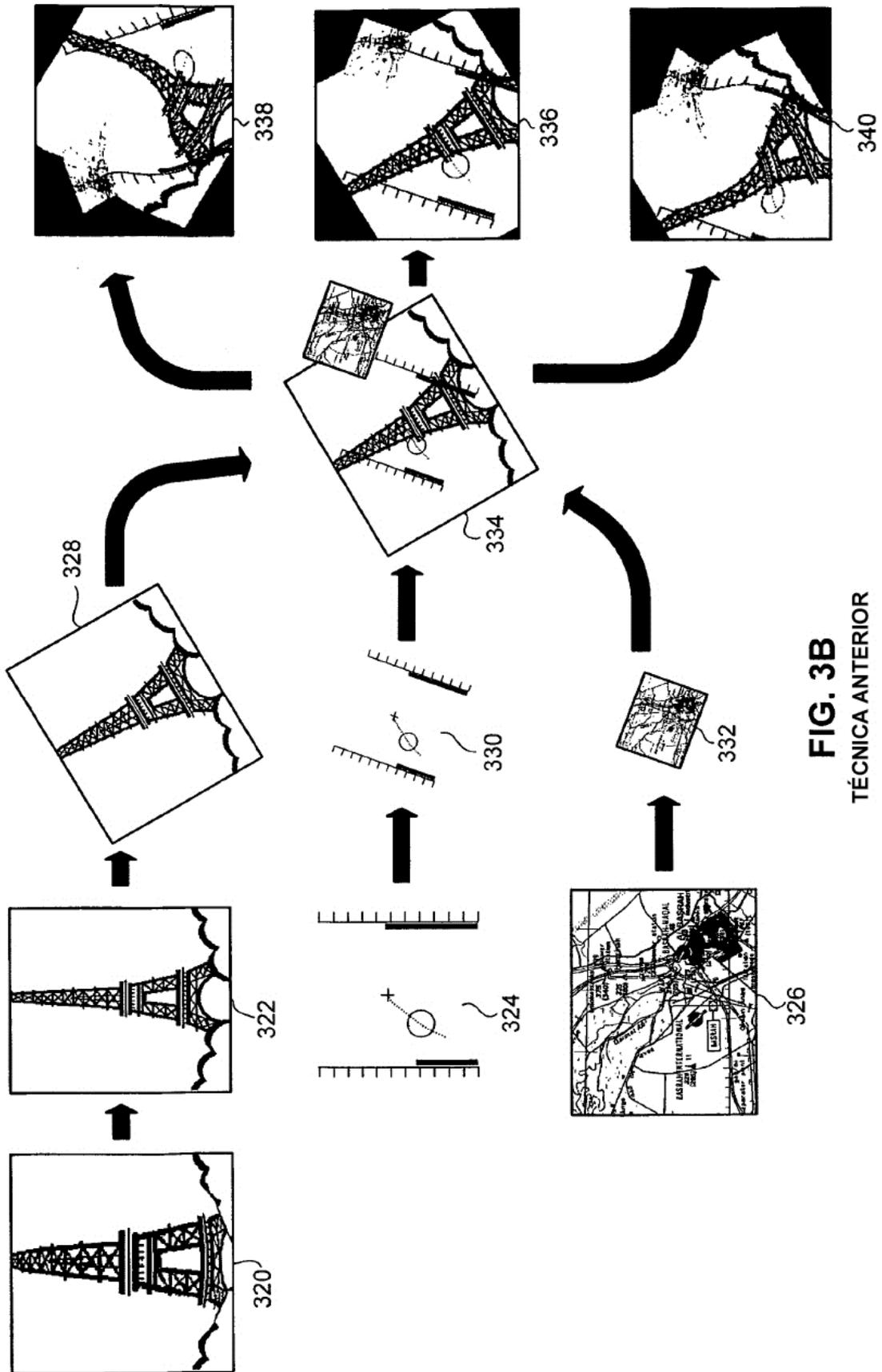




**FIG. 2**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 3A**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 3B**  
TÉCNICA ANTERIOR

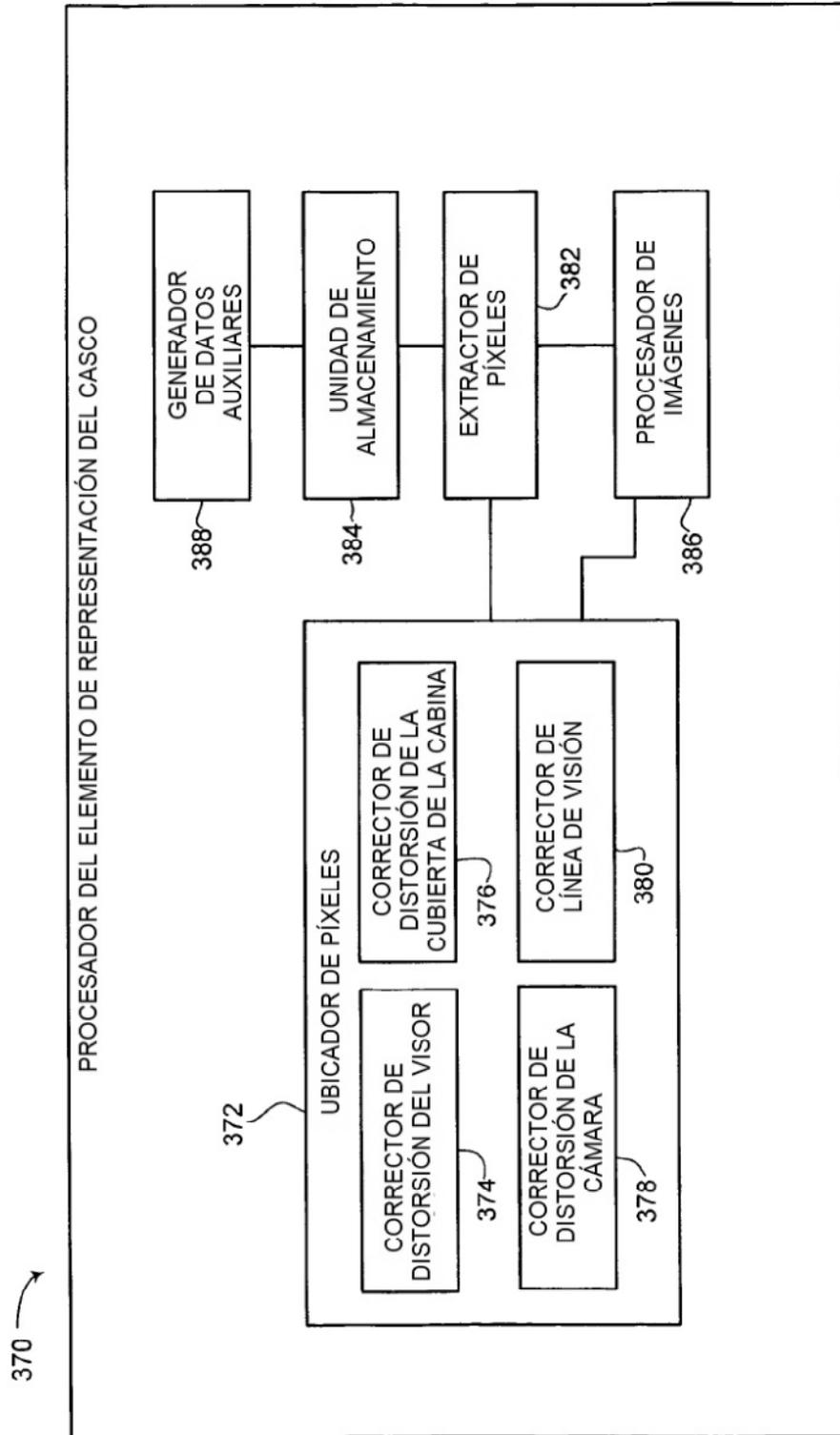


FIG. 4

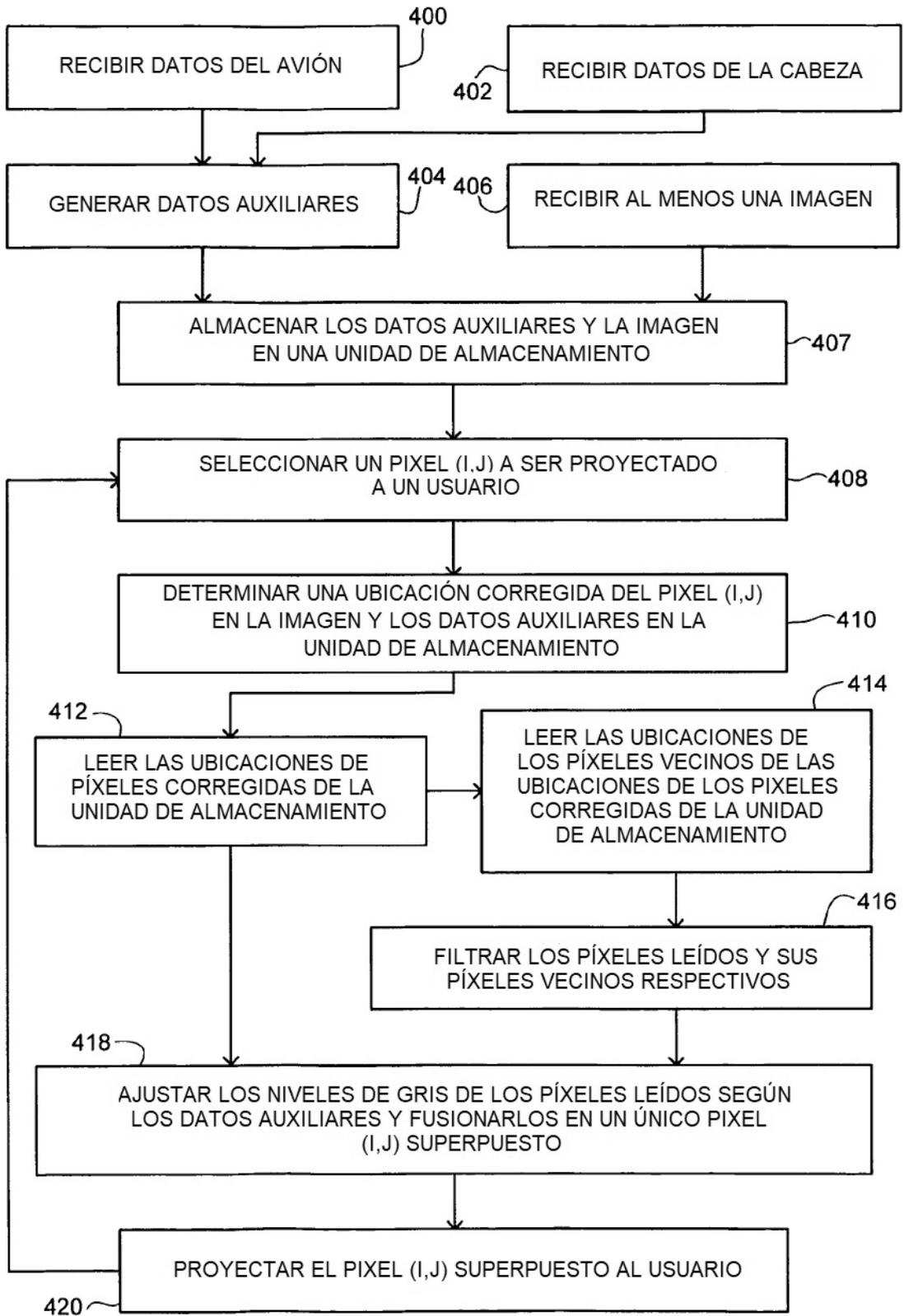


FIG. 5A

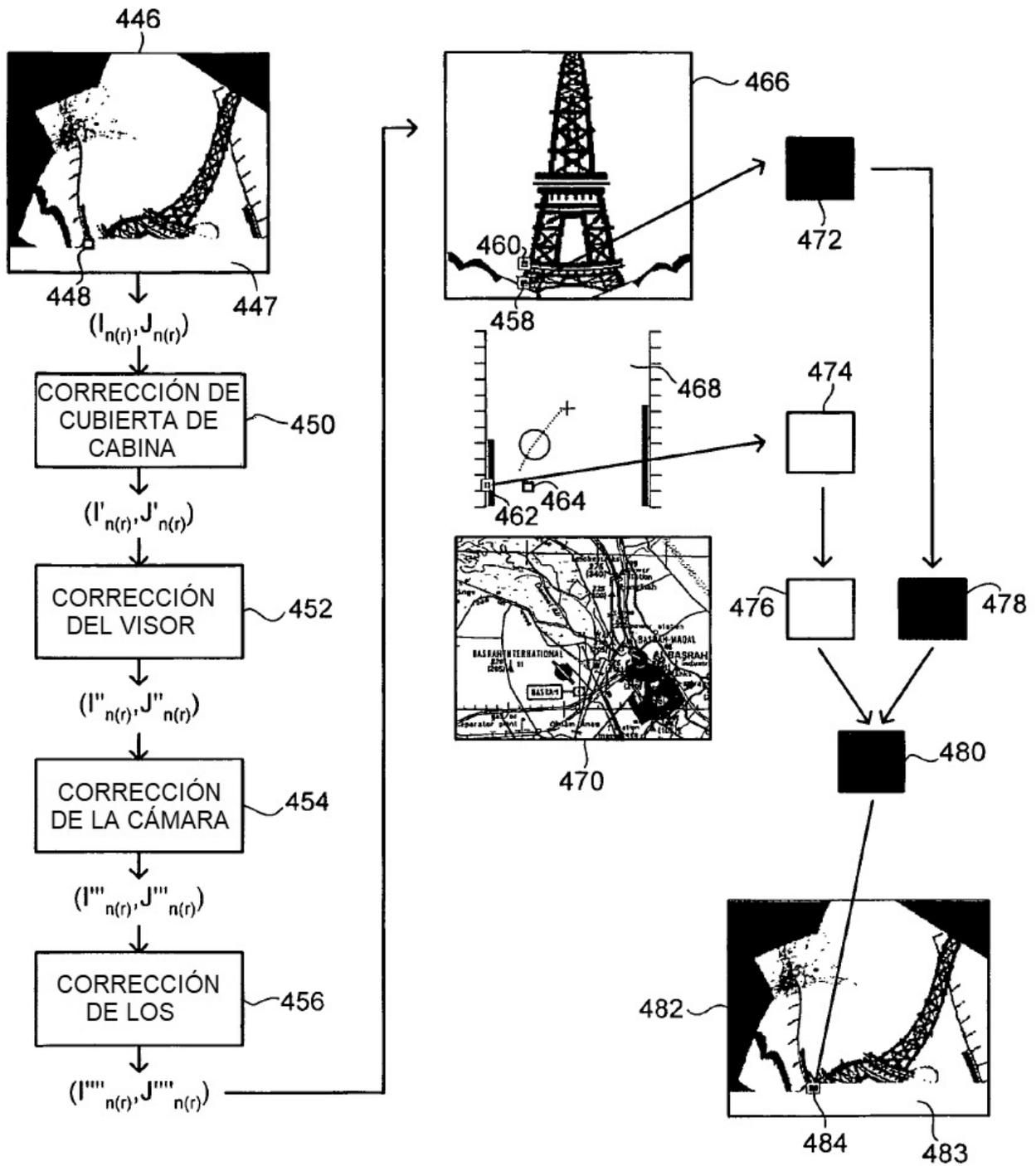


FIG. 5B