

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 923**

51 Int. Cl.:

G01S 7/10 (2006.01)

G01S 7/06 (2006.01)

G01S 13/58 (2006.01)

G06T 7/20 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2014 PCT/EP2014/077645**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15091293**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2014 E 14811917 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3084724**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de mejora de vídeo**

30 Prioridad:

16.12.2013 EP 13197557

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

13.03.2019

73 Titular/es:

**THALES NEDERLAND B.V. (100.0%)
Zuidelijke Havenweg 40
7550 GD Hengelo, NL**

72 Inventor/es:

**KAMPMAN, JORIS E.J.J y
KÖHLER, OLAF O.M.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 703 923 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

Dispositivo y procedimiento de mejora de vídeo

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a procesamiento de vídeo, y particularmente a un procedimiento y un dispositivo para mejorar vídeo de radar.

Antecedentes de la técnica

10 En muchos campos tecnológicos, existe una necesidad de detectar objetos específicos (también denominados como "objetivos") y generar un vídeo que represente los objetos detectados y el entorno para el "conocimiento situacional". El documento US2002/0054211 desvela, por ejemplo, un sistema de vigilancia de cámara que halla y destaca áreas de movimiento inesperado.

15 En particular, los sistemas de radar se usan para detectar objetivos transmitiendo una señal de Frecuencia de Radio (RF) con características específicas y recibiendo la señal emitida perturbada por el entorno después del reflejo del objetivo en este entorno. La señal de RF transmitida puede agruparse en una dirección específica, ya sea usando una diseño de antena particular o por procesamiento de señal (es decir, formación de haces digital). Puede usarse un enfoque similar para la señal recibida. Agrupar las señales en direcciones específicas da como resultado una ganancia superior, que permite la detección de objetos a mayores alcances.

20 El procesamiento de señales y datos, que consiste en un procedimiento de extracción de trazados (posición, velocidad Doppler, estimación de sección de cruce de radar de un objetivo) y un procedimiento de rastreo, se realiza generalmente después de recepción de las señales de radar para detectar objetivos mientras se garantiza robustez frente a interferencia y señales desordenadas. Cada objetivo se clasifica basándose en sus propiedades tales como velocidad Doppler, alcance, altura y Sección de Cruce de Radar (RCS). Como resultado, puede obtenerse un conjunto de objetos grande y no exclusivo en el entorno. Los operadores de radar en general necesitan una vista general del desorden en el entorno para conocimiento situacional. Sin embargo, el procesamiento de datos no permite distinguir de manera eficaz objetivos de baja RCS y movimiento lento de desorden estacionario. Para poder
25 analizar el entorno y todos los objetos en él, los operadores de radar por lo tanto necesitan visualizar los trazados y rastrear a través de una imagen de vídeo de pantalla que se refresca con el tiempo.

30 El vídeo de pantalla representa la intensidad de la señal recibida en todos los alcances y todas las marcaciones para representar una imagen proyectada en 2D en el plano horizontal. Un procedimiento de extracción (también denominado "procedimiento de creación de trazado") y un procedimiento de rastreo (también denominado "procedimiento de creación de pista") se usan para hallar y rastrear objetos en movimiento a partir de los cuales la amplitud de la señal recibida está por encima de ciertos umbrales. En la mayoría de sistemas de radar, los objetos que están sustancialmente estáticos se consideran rápidamente desordenados y por lo tanto no se rastrean por el sistema. Sin embargo, los objetos en movimiento lentos pueden ser de interés particular para operadores de radar. De hecho, un objeto superficial, tal como por ejemplo un nadador en el mar, puede perderse como un objeto deseado, debido a que sus características no se estén rastreando por el sistema de radar. En este caso, el operador
35 de radar debe distinguir visualmente sus ecos de vídeo de radar, la intensidad de señal recibida a un cierto alcance, y el rumbo donde está presente el objetivo desde el entorno desordenado, que en el ejemplo de un nadador puede ser el mar y las olas.

40 De exploración a exploración, una señal de radar de un objeto específico puede ser el objeto de grandes fluctuaciones debido a una diversidad de causas desde el entorno, al sistema de radar y al mismo objeto. De exploración a exploración, una imagen de vídeo de pantalla de radar por lo tanto fluctúa intensamente, entregando una imagen bastante bulliciosa y parpadeante al operador de radar. Discernir un pequeño objetivo en un entorno altamente fluctuante y ruidoso se vuelve por lo tanto difícil.

45 Esta limitación es especialmente significativa para sistemas de radar de vigilancia que tienen tiempos de exploración de un segundo o unos pocos segundos. Por consiguiente, la tasa de refresco de la imagen impide la capacidad de los operadores para distinguir objetos en movimiento pequeños y lentos de desorden y ruido. Esto puede destacarse aún por la tensión ocular que es debido a la tasa de refresco de imagen baja.

50 Un enfoque conocido al problema de mejorar la tasa de refresco de vídeo de pantalla consiste en acoplar los resultados de procesamiento (es decir trazados y pistas) al vídeo de pantalla. Identificando qué parte de la imagen de vídeo de pantalla representa un objetivo, el vídeo de pantalla que subyace la actualización de la pista puede predecirse y moverse suavemente a las coordenadas de la siguiente actualización de la pista prevista. La solución que consiste en acoplar información de pista al vídeo de pantalla presenta un número de desventajas de modo que muy pocos sistemas de radar recurren a este enfoque y e incluso mantienen el vídeo de pantalla sin procesar y visualizado a la tasa de refresco baja.

55 Una limitación principal de este enfoque radica en el hecho de que el rastreo está diseñado principalmente para objetos no estáticos (tales como, por ejemplo, jets, aviones, misiles, proyectiles) y no está optimizado para objetos

de baja RCS y en movimiento lento. Como resultado, estos objetos específicos no se reconocen y rastrean.

Adicionalmente, implementar un bucle de realimentación del rastreo al vídeo de pantalla puede hacerse únicamente basándose en las condiciones de que el vídeo de pantalla puede predecirse de manera precisa a partir del rastreo. Sin embargo, en caso de objetivos de maniobra intensa o altas condiciones de ruido, las predicciones no son lo suficientemente precisas poniendo en peligro de esta manera la capacidad de comprobación cruzada.

Otra limitación de este enfoque es debido al hecho de que un bucle de realimentación implica restricciones en implementación y temporización. Incluso en situaciones donde el procedimiento de rastreo puede rastrear objetos de movimiento lento y baja RCS, existe por lo tanto un problema fundamental. Más específicamente, puesto que las señales de radar son altamente fluctuantes y muy perturbadas por ruido, la señal de vídeo resultante de un objeto de baja RCS puede cambiar mucho de exploración a exploración. Por lo tanto, simplemente moviendo suavemente el eco de vídeo de la exploración "n" a la exploración "n+1" conduciría a un cambio significativo de la predicción final de la exploración "n+1" a la medición de vídeo real de la exploración "n+1". Esto provoca generalmente tensión ocular y no puede dar como resultado una imagen suave a través de múltiples exploraciones debido al salto en cambios de exploración. Tal solución, por lo tanto, únicamente ayuda al operador dentro de un intervalo de tiempo de exploración y no a través de múltiples exploraciones.

Sumario de la invención

Para tratar estos y otros problemas, se proporciona un procedimiento para mejorar visualización de vídeo como se define en la reivindicación 1 independiente adjunta, y un dispositivo para mejorar visualización de vídeo como se define en la reivindicación 18 adjunta. Se definen realizaciones preferidas en las reivindicaciones dependientes.

La invención proporciona en consecuencia un dispositivo de mejora de vídeo minucioso extrapolado en el tiempo que puede crear un flujo de vídeo de pantalla de baja tensión ocular a partir de datos de señal de radar para ayudar al operador de radar a evaluar el entorno y discernir más fácilmente objetos de baja RCS y en movimiento lentos que pueden ser de interés.

Serán evidentes ventajas adicionales de la presente invención para el experto en la materia tras el examen de los dibujos y descripción detallada. Se pretende que puedan incorporarse cualesquiera ventajas adicionales en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los que referencias similares indican elementos similares, y en los que:

- La Figura 1 representa una arquitectura ejemplar de un sistema de vigilancia de vídeo que usa un dispositivo de mejora de vídeo de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;
- La Figura 2 muestra los bloques funcionales del dispositivo de mejora de vídeo de la Figura 1;
- La Figura 3 es un diagrama que ilustra la predicción para un único objeto de píxel, de acuerdo con las realizaciones de la invención;
- La Figura 4 es un diagrama de flujo funcional del procedimiento de mejora de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;
- La Figura 5 ilustra la resolución escalada al alcance obtenido de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención; y
- La Figura 6 es un diagrama de una imagen prevista mediante interpolación hacia atrás obtenida de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención.

Adicionalmente, la descripción detallada se complementa con Exposición A. Esta exposición está situada aparte para el fin de clarificar la descripción detallada, y de posibilitar referencia más fácil. Sin embargo forma una parte integral de la descripción de la presente invención. Esta se aplica también a los dibujos.

Descripción detallada

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra una implementación ejemplar de un dispositivo 100 de mejora de vídeo de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención.

El dispositivo 100 de mejora de vídeo está configurado para recibir dos imágenes I_n y I_{n-1} que corresponden a dos exploraciones sucesivas capturadas por un sistema 1 de vigilancia de vídeo. Más específicamente, el dispositivo 100 de mejora de vídeo está configurado adicionalmente para emitir la siguiente exploración I_{n+1} a partir de las dos exploraciones sucesivas que corresponden a la exploración anterior I_{n-1} y la exploración actual I_n .

Incluso si la invención no estuviera limitada a tales aplicaciones, la invención tiene ventajas particulares para la vigilancia y detección de objetos en movimiento lentos, tales como, por ejemplo, un nadador en el mar. En una realización preferida de la invención, el sistema 1 de vigilancia de vídeo puede ser un sistema de vigilancia de radar. La siguiente descripción se realizará con referencia a una aplicación de radar de este tipo. Sin embargo, el experto

en la materia entenderá fácilmente que la invención puede usarse en otras aplicaciones tales como, por ejemplo, en sistemas de vigilancia de vídeo, películas de lapso de tiempo o sistemas de videojuegos. El sistema 1 de vigilancia de radar puede incluir las unidades 11 de detección de radar que proporcionan datos sin procesar de un área de vigilancia (por ejemplo un área del mar) a una unidad 12 de procesamiento de señal y formación de imágenes. Las unidades 11 de detección de radar pueden comprender transmisores de radar para enviar pulsos de RF en el área de vigilancia y receptores de radar para recibir la respuesta proporcionada por los pulsos reflejados (datos de exploración). Los transmisores y receptores de radar interactúan con una antena de radar de exploración respectivamente para transmitir los pulsos y recibir los pulsos reflejados. La antena de radar de exploración se sitúa en una localización en la que ha de monitorizarse el área de vigilancia. Los datos de exploración se alimentan a la unidad 12 de procesamiento de señal y representación, en forma de una señal analógica. La unidad 12 de procesamiento de señal y representación a continuación procesa la señal recibida desde las unidades 11 de detección de radar para generar una representación digitalizada de un objetivo detectado en el área explorada en una pantalla 14 de radar.

La pantalla 14 de radar puede ser cualquier pantalla adecuada tal como, por ejemplo, una Pantalla de Cristal Líquido (LCD) o una pantalla de Tubo de Rayos Catódicos (CRT).

La unidad 12 de procesamiento de señal y representación incluye un procesador 120 de radar para realizar procesamiento de vídeo digital. El procesador 120 de radar puede estar en comunicación con una tarjeta 122 de gráficos, que puede incluir su propio elemento de procesamiento tal como una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) 1220 para presentar datos de imagen seleccionados procesados en la tarjeta 122 de gráficos para que se representen en la pantalla 14. La tarjeta 122 de gráficos puede estar configurada para mapear una textura a una pluralidad de memorias intermedias de vértices para generar una pantalla de los datos de exploración en la pantalla 14 de radar.

El procesador 120 de radar puede incluir un filtro 1200 analógico para filtrar alimentación de señal de radar analógica recibida desde la antena y un convertidor 1202 de analógico a digital para conversión de la señal filtrada en un flujo de datos digital. El flujo de datos digital convertido puede a continuación almacenarse en las memorias intermedias 1203. Los datos desde las memorias intermedias 1203 pueden a continuación transmitirse a una unidad 1204 de conversión (convertidor de exploración) configurada para convertir los datos de radar de coordenadas polares digitales, definidos por alcance y rumbo, en datos de imagen de radar de píxel de coordenadas rectangulares (coordenadas cartesianas), definidos por $x = \text{alcance} \cdot \cos(\text{rumbo})$, y $y = \text{alcance} \cdot \sin(\text{rumbo})$, para su uso por la tarjeta 122 de gráficos. La tarjeta 122 de gráficos puede a continuación representar los datos de imagen de radar de píxel de coordenadas rectangulares en la pantalla 14 basándose en una pluralidad de texturas calculadas por la GPU 1220, dependiendo del modo de visualización.

Adicionalmente, para permitir el control de la pantalla de imagen de radar por un operador, puede proporcionarse una interfaz de usuario gráfica (GUI).

El dispositivo 100 de mejora de vídeo de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención puede procesar dos imágenes, tales como imágenes cartesianas, que corresponden a exploraciones sucesivas proporcionadas por la unidad 1204 de conversión. Procesando pares de imágenes sucesivas I_n y I_{n-1} (imágenes reales) y la última imagen prevista proporcionada J_n (predicción anterior), el dispositivo 100 de mejora de vídeo puede crear un flujo de vídeo de pantalla suave y de baja tensión ocular a partir de los datos de señal de radar, que ayuda al operador de radar a evaluar mejor el entorno, los objetos y objetivos en el mismo.

Para facilitar un mejor entendimiento de la descripción detallada, siguen definiciones de ciertas notaciones que corresponden a parámetros usados en relación con las realizaciones de la presente invención descritas:

- Explorar n designa un conjunto de señales que cubren los 360 grados completos hasta el alcance máximo, que rodea las unidades de detección de radar;
- k designa la imagen intermedia entre la imagen de inicio de la exploración n y una imagen prevista de la exploración $n+1$;
- N_k designa el número total de imágenes intermedias entre la imagen de la exploración n y una imagen prevista de la exploración $n+1$;
- f designa la fracción intermedia (entre 0 y 1), usada para calcular las longitudes de predicción en una imagen intermedia. f se calcula usando la ecuación $f = k/N_k$;
- En una imagen en 2D medida designada para una exploración n del radar;
- D_n designa el vector de desplazamiento de I_n a I_{n-1} para todos los píxeles en la imagen I_n ;
- P_{n+1} designa el vector de flujo óptico (es decir, desplazamiento previsto) de I_n a J_{n+1} para todos los píxeles en la imagen I_n ;

- $J_n^{(f)}$ designa una imagen en 2D prevista para la exploración n-1 + f del radar;
- J_n se usa para designar $J_n^{(1)}$ J_n que por lo tanto designa una imagen en 2D prevista para la exploración n del radar;
- $J_{n+1}^{(f)}$ designa una imagen en 2D prevista para la exploración n+f del radar;
- 5 - F_{n+1} designa el vector de “desvanecimiento de flujo” de J_n a J_{n+1} para todos los píxeles en la imagen J_n ;
- $L_{n+1}^{(f)}$ designa una imagen en 2D prevista para la exploración n+f que se origina desde J_n ;
- $M_{n+1}^{(f)}$ designa una imagen en 2D prevista para la exploración n+f creada a partir de mezclar linealmente las imágenes en 2D intermedias $J_{n+1}^{(f)}$ y $L_{n+1}^{(f)}$;

10 Teóricamente, $L_{n+1}^{(1)} = J_{n+1}^{(1)}$. Sin embargo, en la práctica este puede no ser el caso. Además, $L_{n+1}^{(f)} \neq J_{n+1}^{(f)}$ para todas las imágenes intermedias donde $f \neq 1$, puesto que las imágenes de inicio son ambas diferentes.

La Figura 2 ilustra la arquitectura del dispositivo 100 de mejora de vídeo, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención.

15 El dispositivo 100 de mejora de vídeo está configurado para calcular el flujo óptico en base por píxel en una imagen. Como se usa en el presente documento, el flujo óptico designa el desplazamiento en 2D para todos los píxeles de imagen a imagen. De acuerdo con la invención, la entrada de vídeo puede mejorarse sin información adicional acerca de contenido de imagen (tal como pistas o trazados).

El dispositivo 100 de mejora de vídeo puede usar un algoritmo basado en la función de transformación de Lucas-Kanade que se usa dos veces.

20 El algoritmo basado en Lucas Kanade puede ser el Lucas-Kanade convencional o como alternativa una variación del algoritmo de transformación de imagen de Lucas-Kanade (LK) adaptado para imágenes de radar. La variación del algoritmo LK se denominará como “Reducción de Precisión Dependiente del Alcance” o “RADAR-LK” en la siguiente descripción. El algoritmo RADAR-LK está basado en el algoritmo LK convencional pero comprende etapas adicionales para reducir el número de píxeles para los que se calcula el algoritmo LK.

25 En la siguiente descripción, la notación LK() se usará para designar tanto el algoritmo LK convencional como el algoritmo RADAR_LK. La diferencia entre ambos enfoques se detallará en la descripción. En la siguiente descripción, ambos algoritmos se denominarán comúnmente como “algoritmo basado en Lucas Kanade” o “algoritmo basado en LK “. El algoritmo LK convencional se describe, por ejemplo, en el artículo por Simon Baker y Iain Matthews, “Lucas-Kanade 20 Years On: A Unifying Framework”, International Journal of Computer Vision, febrero de 2004, volumen 56, Publicación 3, págs. 221-255.

30 El dispositivo 100 de mejora de vídeo puede comprender una unidad 11 de cálculo de vector de desplazamiento en la que está basada el algoritmo LK.

35 La unidad 11 de cálculo de vector de desplazamiento se solicita dos veces para cada determinación de flujo óptico. En la primera solicitud, la unidad de cálculo de vector de desplazamiento calcula un vector de desplazamiento hacia atrás lineal D_n por píxel de la imagen I_n , que corresponde a la exploración de radar “n”, a la imagen I_{n-1} , que corresponde a la exploración de radar “n-1”.

Más específicamente, la unidad 11 de cálculo de vector usa el algoritmo basado en LK para determinar el vector de desplazamiento hacia atrás lineal D_n por píxel de la imagen I_n a la imagen I_{n-1} de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$D_n = \text{LK}(I_n, I_{n-1}) \quad (\text{ecuación 1}),$$

donde LK() designa el algoritmo basado en LK (algoritmo LK convencional o algoritmo Radar-LK).

40 El dispositivo 100 de mejora de vídeo comprende adicionalmente una unidad 12 de cálculo de vector de predicción para determinar el vector de predicción P_{n+1} por píxel para la exploración n+1 basándose en el vector de desplazamiento D_n determinado de la imagen I_n a la imagen I_{n-1} . La unidad 12 de cálculo de vector de predicción extrapola el vector de predicción P_{n+1} por píxel mediante una negociación del vector de desplazamiento D_n , de acuerdo con la ecuación 2:

$$P_{n+1} = - D_n \quad (\text{ecuación 2})$$

5 El dispositivo 100 de mejora de vídeo comprende adicionalmente una unidad 13 de cálculo de imagen desplazada que se solicita tres veces durante el procedimiento de determinación del flujo óptico. En la primera solicitud, la unidad 13 de cálculo de imagen desplazada se solicita para predecir lo que debería ser la imagen que proviene J_{n+1} a partir del vector de predicción P_{n+1} . La unidad 13 de generación de imagen de desplazamiento a continuación usa una extrapolación lineal hacia atrás a partir de I_n de acuerdo con la ecuación 3:

$$J_{n+1} = \text{INTERP2}(I_n, P_{n+1}) \quad (\text{ecuación 3})$$

En la ecuación 3 INTERP2 designa la función que corresponde al algoritmo de interpolación bilineal en el que todos los píxeles en I_n están desplazados por los valores en 2D en P_{n+1} .

10 En teoría, la imagen prevista J_{n+1} es igual a la siguiente imagen medida de exploración real I_{n+1} . Sin embargo, en la mayoría de los casos, la imagen prevista J_{n+1} no será igual a la imagen real I_{n+1} debido a fluctuaciones de medición intensas intrínsecas para señales de radar y movimiento no constante de objetos en el entorno.

La nueva medición I_{n+1} puede usarse de manera similar para determinar la siguiente imagen prevista J_{n+2} :

- 15 - la nueva medición I_{n+1} se proporciona como una entrada junto con la medición anterior I_n a la unidad 11 de cálculo de desplazamiento de vector para determinar D_{n+1} ,
- la unidad 12 de cálculo de vector de predicción a continuación determina P_{n+2} a partir de D_{n+1}
- la unidad 13 de generación de imagen desplazada estima la imagen prevista completa $J_{n+2}^{(1)}$ a partir de I_{n+1} y P_{n+2} .

20 El uso de únicamente las imágenes medidas reales I_n y I_{n+1} para determinar J_{n+2} sirve como una clase de un bucle de realimentación negativo que mantiene el procesamiento estable y no diverge de las mediciones.

Para garantizar transiciones suaves desde la imagen prevista J_{n+1} a la imagen prevista J_{n+2} , se solicita de nuevo que la unidad 11 de cálculo de vector de desplazamiento determine un segundo conjunto de vectores de desplazamiento (denominado como vectores de desvanecimiento de flujo). El segundo conjunto de vectores de desplazamiento F_{n+2} se determina usando el algoritmo basado en LK entre J_{n+1} y J_{n+2} , de acuerdo con la ecuación 4:

$$25 \quad F_{n+2} = \text{LK}(J_{n+1}, J_{n+2}) \quad (\text{ecuación 4})$$

El dispositivo 100 de mejora de vídeo puede generar k imágenes intermedias entre la última imagen prevista actualizada J_{n+1} y J_{n+2} . Sin embargo, dependiendo de la imagen de inicio (cualquiera de J_{n+1} o I_{n+1}), las intermedias son diferentes y necesitan mezclarse para garantizar una salida de vídeo suave a través de sucesivas exploraciones.

30 El dispositivo 100 de mejora de vídeo por lo tanto también incluye una unidad 15 de mezcla lineal para realizar mezcla lineal de imágenes intermedias $J_{n+2}^{(f)}$ (que se originan desde I_{n+1}) y $L_{n+2}^{(f)}$ (que se originan desde J_{n+1}). La unidad 15 de mezcla lineal mezcla linealmente las imágenes para representar la imagen emitida intermedia combinada $M_{n+2}^{(f)}$.

35 Esta mezcla lineal de imágenes en 2D previstas intermedias se realiza de tal manera que la imagen se inicia en J_{n+1} de acuerdo con las ecuaciones 5 de la Exposición A. La unidad 15 de mezcla lineal solicita dos veces a la unidad 13 de generación de imagen desplazada además de la primera solicitud para calcular J_{n+2} como se ha descrito anteriormente. En la segunda solicitud, se solicita a la unidad 13 de generación de imagen desplazada para calcular la imagen intermedia desplazada que se origina desde la imagen prevista anterior J_{n+1} :

$$L_{n+2}^{(f)} = \text{INTERP2}(J_{n+1}, f \cdot F_{n+2})$$

40 La imagen resultante $L_{n+2}^{(f)}$ se multiplica por f .

En la tercera solicitud, se solicita que la unidad 13 de generación de imagen desplazada calcule la imagen desplazada que se origina desde la imagen medida anterior I_{n+1} :

$$J_{n+2}^{(f)} = \text{INTERP2}(I_{n+1}, f \cdot P_{n+2})$$

La imagen resultante se multiplica por $(1 - f)$. Las imágenes obtenidas de esta manera se añaden de acuerdo con las ecuaciones 5 de la Exposición A y el resultado se visualiza en una pantalla 14 adecuada, tal como una pantalla de sistema de radar en aplicaciones de radar de la invención.

5 Por consiguiente, la imagen prevista de la predicción anterior se pondera fuertemente en las primeras intermedias, pero gradualmente la predicción de las mediciones toma el control.

La generación de imágenes intermedias y el esquema de mezcla usado para mezclar las imágenes intermedias I y J permiten una transición suave desde la predicción anterior a la siguiente predicción.

Esto garantiza una imagen de vídeo de pantalla suave de exploración a exploración.

10 La Figura 3 representa una secuencia ejemplar para un único objeto píxel que se mueve a través de un espacio en 2D. En la Figura 3, la notación “ \bar{n} ” se usa para indicar el número de exploración “n” (por ejemplo, “ $J_{\bar{4}}$ ” designa la imagen prevista J de la exploración “4”).

Como se ilustra en la figura 3, incluso aunque las imágenes previstas se sobrepasan ligeramente, el uso de las imágenes medidas reales ($I_{\bar{1}}, I_{\bar{2}}, I_{\bar{3}}, I_{\bar{4}}$) mantiene el procedimiento de predicción estable.

15 Debería observarse que la Figura 3 corresponde a un enfoque teórico donde dos vectores estimados (es decir, el desvanecimiento de flujo $F_{\bar{n}}$ y los vectores de predicción $P_{\bar{n}}$) conducen idealmente la misma imagen prevista $J_{\bar{n}}$ (es decir, $J_{\bar{n}} = L_{\bar{n}}$ como se ha descrito anteriormente). Sin embargo, en la práctica no conducen a la misma imagen prevista y, además, las imágenes intermedias son diferentes puesto que las imágenes de inicio son diferentes, por lo tanto la necesidad de la mezcla ponderada realizada por la unidad 15 de mezcla lineal (de acuerdo con las ecuaciones 5).

20 En el ejemplo de la figura 3, el vector de flujo óptico previsto $P_{\bar{3}}$ entre la exploración 2 y 3 conduce a la imagen prevista $J_{\bar{3}}$ de la exploración 3 a partir de la imagen medida $I_{\bar{2}}$ de la exploración 2.

El vector de flujo óptico previsto $P_{\bar{4}}$ entre la exploración 3 y 4 conduce a la imagen prevista $J_{\bar{4}}$ de la exploración 4 a partir de la imagen medida $I_{\bar{3}}$ de la exploración 3.

25 El vector de desvanecimiento de flujo $F_{\bar{4}}$ entre la exploración 3 y 4 conduce a la imagen prevista $L_{\bar{4}}$ de la imagen prevista anterior $J_{\bar{3}}$ de la exploración 3.

En la predicción completa ($f = 1$) las dos imágenes previstas $L_{\bar{4}}$ y $J_{\bar{4}}$ son teóricamente iguales.

El vector de desvanecimiento de flujo $F_{\bar{5}}$ entre la exploración 4 y 5 conduce a la imagen prevista $L_{\bar{5}}$ de la imagen prevista anterior $J_{\bar{4}}$ de la exploración 4.

30 El flujo óptico previsto $P_{\bar{3}}$ entre la exploración 2 y 3 se determina a partir del desplazamiento hacia atrás $D_{\bar{2}}$ entre la exploración 2 y 1 de la imagen medida $I_{\bar{2}}$ a la imagen medida $I_{\bar{1}}$.

El flujo óptico previsto $P_{\bar{4}}$ entre la exploración 3 y 4 se determina a partir del desplazamiento hacia atrás $D_{\bar{3}}$ entre la exploración 3 y 2 de la imagen medida $I_{\bar{3}}$ a la imagen medida $I_{\bar{2}}$.

El flujo óptico previsto $P_{\bar{5}}$ entre la exploración 4 y 5 se determina a partir del desplazamiento hacia atrás $D_{\bar{4}}$ entre la exploración 4 y 3 de la imagen medida $I_{\bar{4}}$ a la imagen medida $I_{\bar{3}}$.

35 El vector de desvanecimiento de flujo $F_{\bar{4}}$ entre la exploración 3 y 4 se calcula a partir de la imagen prevista $J_{\bar{4}}$ de la exploración 4 y la imagen prevista $J_{\bar{3}}$ de la exploración 3.

El vector de desvanecimiento de flujo $F_{\bar{5}}$ entre la exploración 4 y 5 se calcula a partir de la imagen prevista $J_{\bar{5}}$ de la exploración 5 y la imagen prevista $J_{\bar{4}}$ de la exploración 4.

40 Haciendo referencia a la Figura 4, se muestra un diagrama de flujo que describe las etapas realizadas para mejorar un vídeo representado por un sistema de vigilancia de vídeo de radar 10 de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención. El procedimiento de mejora de vídeo está basado en un doble uso del algoritmo basado en LK, y en el uso de una imagen prevista para crear imágenes intermedias previstas.

En la etapa 401, se recibe un vídeo a ráfagas desde el sistema de vigilancia de vídeo de radar. Las memorias intermedias 1203 se inicializan previamente a ceros en la etapa 400.

45 En la etapa 402, el vídeo a ráfagas se añade en una memoria de exploración actual denominada como “CSM”.

En la etapa 403, se determina si la memoria de exploración actual contiene una imagen completa. En caso afirmativo, se realiza la etapa 404. De otra manera, el dispositivo 100 de mejora de vídeo espera hasta que se reciba una imagen completa I_n .

En la etapa 404, se calculan vectores de desplazamiento D_n (desplazamientos de píxel) de la imagen I_{n-1}

almacenada en una memoria de exploración anterior (denominada como "PSM") y la imagen actual almacenada en la memoria de exploración actual.

5 En la etapa 405, los vectores de desplazamiento D_n se multiplican por el coeficiente "-1". Esto vuelve los vectores de desplazamiento a los vectores de predicción P_{n+1} . Los vectores de predicción P_{n+1} se almacenan a continuación en una memoria de vectores de predicción PVM.

En la etapa 406, se genera una imagen desplazada J_{n+1} basándose en la imagen de inicio I_n desde la memoria de exploración actual CSM y el conjunto de vectores de desplazamiento P_{n+1} . La imagen desplazada J_{n+1} se almacena a continuación en una memoria de predicción actual CPM.

10 En la etapa 407, se calculan vectores de desvanecimiento de flujo F_{n+1} calculados para determinar los desplazamientos de píxel desde la imagen prevista anterior J_n almacenada en una memoria de predicción anterior PPM a una imagen nuevamente prevista J_{n+1} almacenada en la CPM. Los vectores de desplazamiento resultantes se almacenan en una memoria de desvanecimiento de flujo FFM.

Para cada índice k de la imagen intermedia, inicializándose k a 0 en la etapa 408, y un número correspondiente N_k de imágenes intermedias, se realiza etapa 409 para calcular la relación $f = k/N_k$.

15 Los vectores de desplazamiento P_{n+1} a partir de la memoria de vectores de predicción PVM se multiplican a continuación por f en la etapa 410 y se genera una imagen desplazada a partir de los vectores resultantes en la etapa 412 (INTERP2(I_n, f, P_{n+1})). La intensidad de la imagen desplazada obtenida de esta manera se multiplica por f en la etapa 413.

20 Además, los vectores de desplazamiento F_{n+1} desde la memoria de desvanecimiento de flujo FFM se multiplican por f en la etapa 414 y se genera una imagen desplazada (INTERP2(J_n, f, F_{n+1})) desde los vectores resultantes en la etapa 415. La intensidad de la imagen desplazada obtenida de esta manera se multiplica por $(1-f)$ en la etapa 416.

Las imágenes obtenidas en la etapa 413 y 416 se añaden a continuación en la etapa 418 y se visualizan en la pantalla 14 de radar en la etapa 419.

Si el parámetro f no es igual a 1 (etapa 420), k se incrementa en la etapa 422 y se iteran las etapas 410 a 418.

25 De otra manera, si f es igual a 1, la memoria de predicción anterior (PPM) se sobrescribe con el contenido de memoria de predicción actual (CPM), en la etapa 421. El procedimiento de vídeo de mejora a continuación vuelve a la etapa 401.

30 Por consiguiente, el procedimiento de mejora de vídeo de acuerdo con las realizaciones de la invención está basado en dos solicitudes de una función de cálculo de vectores de desplazamiento, en la etapa 404 y 407 (la función se implementa por la unidad 11 de cálculo de vectores de desplazamiento en la Figura 2). La primera solicitud se realiza para determinar el desplazamiento hacia atrás de la imagen I_n que se asocia con la exploración n y la imagen I_{n-1} asociada con la exploración $n-1$, de acuerdo con la ecuación 6 : $D_n(x,y) = LK (I_n(x,y), I_{n-1}(x,y))$. El cálculo de desplazamiento hacia atrás permite determinar rápidamente el desplazamiento previsto basándose en una operación de negación (multiplicación por el coeficiente "-1"). La segunda solicitud se realiza para determinar el desplazamiento de píxel hacia delante (es decir los vectores de desvanecimiento de flujo) desde la imagen prevista J_n de la exploración n y la siguiente predicción I_{n+1} de la exploración $n+1$, de acuerdo con la ecuación 7.1: $F_{n+1}(x,y) = LK (J_n(x,y), J_{n+1}(x,y))$. La expresión "hacia delante" se usa en el presente documento para destacar la diferencia fundamental en las direcciones de desplazamiento $D_n(x,y)$ y $F_{n+1}(x,y)$.

40 Las características de desvanecimiento de flujo implican una mezcla gradual del flujo desde la predicción anterior a la nueva predicción mediante el vector de desvanecimiento de flujo F , y desde la imagen actual a la nueva predicción mediante el vector de predicción P .

45 El algoritmo basado en LK de acuerdo con las realizaciones descritas de la invención puede usarse por lo tanto para transformar cualquiera de dos imágenes en un sistema de vigilancia de vídeo de radar, puede usarse específicamente el algoritmo RADAR-LK. El algoritmo basado en LK como se usa por el procedimiento de mejora de vídeo (etapas 404 y 407) permite adicionalmente hallar un desplazamiento por píxel de manera que dos imágenes pueden transformarse desde una a la otra. Más específicamente, proporciona un vector de desplazamiento por píxel de manera que cuando se mueven todos los píxeles, la imagen resultante se ajusta a la segunda imagen. Sin embargo, puesto que se proporciona el algoritmo basado en LK para determinar sub-desplazamientos de píxel, puede aplicarse adicionalmente un enfoque piramidal y a capas de acuerdo con la invención. Más específicamente, de acuerdo con un aspecto de la invención, la imagen de más alta resolución se emborrona unas pocas veces de manera que los desplazamientos del mundo real que puede manejar el algoritmo LK se ajustan dentro de la resolución de píxel. De acuerdo con las realizaciones de la invención, el algoritmo LK principal opera de manera iterativa dentro de un nivel piramidal para determinar los vectores de desplazamiento con cada vez más alta precisión. El número máximo de iteraciones es ajustable y dependiente del procesamiento disponible y la precisión necesaria.

En ciertas realizaciones de la invención, el algoritmo basado en LK puede ser el algoritmo LK convencional. En particular, pueden aplicarse tres enfoques del algoritmo convencional LK por la función de cálculo de vector de desplazamiento:

- 5 - un enfoque de LK de único nivel y única iteración que se refiere a la manera en la que los vectores de desplazamiento de píxel operan para una única iteración y en un único nivel piramidal;
- un enfoque de LK de único nivel e iterativo que se refiere a la manera en la que la precisión aumenta perfeccionando de manera iterativa los vectores de desplazamiento hallados en el esquema LK de única iteración;
- 10 - un enfoque de LK de múltiples niveles e iterativo que se refiere a la manera en la que el desplazamiento hallado se transfiere a niveles de resolución superiores y la manera en la que se halla el flujo óptico de más alta resolución.

El enfoque de LK de único nivel y única iteración permite el cálculo de vectores de desplazamiento. Se basa en un procedimiento de LK de único nivel y única iteración que opera independientemente en cada píxel. Más específicamente, determina el desplazamiento de subpíxel basándose en el valor de píxel específico y sus valores de píxel cercanos. Todos los píxeles en las cercanías del píxel de interés se dice que están dentro de la ventana de correlación del algoritmo LK. Este tamaño de ventana de correlación es ajustable y depende de la resolución y los tamaños de objeto, que dependen del radar específico. La ventana de correlación puede ser una ventana cuadrada, o cualquier otro tipo de ventanas adecuadas.

El procedimiento de LK de único nivel y única iteración usa derivadas entre píxeles en la ventana de correlación circundante, en direcciones horizontal y vertical, entre una imagen I y una imagen \tilde{I} , donde I designa la imagen de inicio y \tilde{I} designa la imagen final.

En una etapa inicial, puede calcularse la derivada de I en ambas direcciones cartesianas, de acuerdo con las ecuaciones 8 y 9 en las que x e y representan coordenadas de píxel y los subíndices indican la dirección de la derivada. Con las imágenes derivadas anteriores, se construye una matriz derivada especial G por posición de píxel, de acuerdo con la ecuación 10. En la ecuación 10, (px, py) designa la posición de cualquier píxel específico, y w designa la mitad del tamaño de ventana en píxeles (por ejemplo, una ventana de 5×5 significaría $w=2$).

A continuación, se calcula la diferencia de intensidad/valor entre la imagen I y la imagen \tilde{I} de acuerdo con la ecuación 11.

Otro vector denominado "vector de desajuste de imagen" se construye de acuerdo con la ecuación 12.

30 En este punto, puede calcularse el flujo óptico vector $\vec{\alpha}(x,y)$ de acuerdo con la ecuación 13.

El vector de flujo óptico o vector de desplazamiento también se indica $D_n(x, y)$ o $F_n(x,y)$ en la presente descripción, dependiendo de la solicitud de la función (etapa 404 o 407 de la Figura 4).

Para hacer la función de estimación más precisa, puede tomarse un enfoque iterativo en lugar del procedimiento de LK de única capa única iteración.

35 Puesto que la estimación es bastante basta, mediante múltiples iteraciones, puede obtenerse una mejor estimación usando un procedimiento de LK de único nivel iterativo.

De manera iterativa, el perfeccionamiento radica en la ecuación 11 en la que, en cada iteración, la nueva imagen de diferencia tiene en cuenta los desplazamientos hallados $\vec{\alpha}(x,y)$ en la imagen \tilde{I} , y desplazándolos, que en teoría significaría que I e \tilde{I} son iguales, y la imagen de diferencia resultante es cero para todos los píxeles. Por lo tanto, cuando se usa un enfoque iterativo, la ecuación para los cambios imagen de diferencia se proporciona por la ecuación 14.

En complemento, los nuevos vectores de flujo óptico pueden añadirse a los ya existentes a partir de la iteración anterior, convergiendo por lo tanto gradualmente a un error minimizado.

45 Puede usarse un parámetro de procedimiento para definir cuándo detener el procedimiento iterativo. El parámetro de procedimiento puede definirse dependiendo del ruido de las imágenes y la precisión necesaria. Comparar la imagen de diferencia entre dos imágenes en alta fluctuación no necesitan una alta precisión sino simplemente una estimación aproximada de los vectores de flujo óptico, y el procedimiento de iteración puede limitarse o incluso omitirse. Esto a continuación finaliza el procedimiento de LK de única capa iterativo.

50 El algoritmo LK convencional puede usarse únicamente para hallar desplazamientos de subpíxel para una única capa. Ocurre un problema cuando existe una necesidad para hallar desplazamientos mayores, tal como para un sistema de radar que tiene una tasa de refresco de datos muy baja (al menos en comparación con sistemas de tipo de cámara). En tal situación, se propone aplicar la descomposición piramidal o de múltiples niveles de las imágenes

de alta resolución a una resolución inferior, de acuerdo con el tercer enfoque. Una implementación piramidal del algoritmo Lucas Kanade se describe por ejemplo en J.-Y. Bouguet, "Pyramidal implementation of the lucas kanade feature tracker", Intel Corporation, Microprocessor Research Labs, 2000.

5 En el enfoque de LK de múltiples niveles e iterativo, la descomposición piramidal de las imágenes se aplica de una alta resolución a una resolución inferior. La descomposición piramidal se crea mediante convolución de imagen con una matriz de borrosidad K y una operación de sub-muestreo. Estas operaciones dan como resultado una imagen borrosa con valores de píxel que consisten en una combinación de intensidades desde sus vecinos. La resolución de píxel se reduce por un factor 2, pasando a través de las capas en la pirámide.

10 Para ir desde una imagen I^L en el nivel L a una imagen I^{L-1} en el nivel $L-1$, el procedimiento LK de múltiples niveles e iterativo realiza inicialmente la convolución de la imagen I^L con la matriz de borrosidad K . K se define de acuerdo con la ecuación 15.

Con la matriz de borrosidad definida K , la imagen en el nivel L puede construirse de acuerdo con la ecuación 16, donde se obtiene $I_{Blur}^L(x, y)$ a partir de la convolución de I^L y M . En esta etapa, $I_{Blur}^L(x, y)$ designa una imagen borrosa con la misma resolución que la imagen I^L . Para submuestrear y crear la imagen de nivel inferior I^{L-1} , se toma cada segundo píxel por fila y columna. Esto reduce la resolución en un factor de 2 y termina el procedimiento. La
15 imagen de nivel inferior I^{L-1} se obtiene de acuerdo con la ecuación 17, donde N_x^L (o respectivamente N_y^L) designa el número de píxeles en el nivel L en la dirección x (o respectivamente y).

20 Cuando se baja como se ha descrito anteriormente, puede construirse una pirámide que consiste en imágenes de resolución reducida. El procedimiento LK obtenido de esta manera puede funcionar en cada nivel, empezando con la imagen de resolución más inferior. El número de niveles L requerido I_n en la pirámide depende de la resolución de inicio en combinación con el número de objetos de píxeles que se espera que se muevan I_n en el vídeo de radar.

Los vectores de flujo óptico iniciales con los que iniciar la estimación son entonces iguales a dos veces los vectores de flujo óptico hallados a un nivel inferior de acuerdo con la ecuación 18.

Se usan los valores iniciales en la ecuación 14 para iniciar LK iterativo para un nivel piramidal específico.

25 La función del vector de desplazamiento puede usar el enfoque RADAR-LK optimizado (Reducción de Precisión Dependiente de Alcance-LK), como el algoritmo basado en LK, para superar los problemas relacionados con la precisión con los que se calculan los vectores de flujo óptico para todos los píxeles. Para un sistema de radar, la resolución polar medida depende del tamaño del objeto, y el diseño del sistema. Sin embargo, la resolución cartesiana (es decir, en x e y) no depende del alcance y el rumbo del objeto. Esto implica que la precisión con la que se han de calcular los vectores de flujo óptico a alcances más cortos para un sistema de radar debe ser superior que a alcances mayores. Esto es debido a que el mismo objeto, que se observa por un sistema de radar a corto alcance, se visualizará en una cuadrícula cartesiana por una forma bastante menor ("eco") que los alcances grandes. La precisión de la medición por lo tanto se reduce con el alcance, y así es la precisión necesaria para los vectores de flujo óptico.

35 El inventor modificó por lo tanto el enfoque piramidal para tener en cuenta las características de vídeo específicas de radar. De manera similar, a medida que se reduce la precisión de vector de flujo óptico deseada con el alcance y no se requiere para procesar todos los píxeles, la carga de procesador puede reducirse drásticamente, cuando únicamente se perfeccionan los píxeles I_n a recuadros más pequeños posteriormente alrededor de la posición del radar.

40 La Figura 5 ilustra la variación de resolución a través de una imagen. Como se muestra en la figura 5, la resolución se divide a la mitad cada vez que se dobla en alcance (es decir, a lo largo de los ejes cartesianos). Para finalizar con la resolución de pantalla más alta para toda la imagen, los vectores de flujo óptico hallados en las áreas de baja resolución se multiplican por 2L y se calculan por interpolación para todos los píxeles de resolución más alta. Es decir, para un sistema piramidal de 4 niveles, un vector de flujo óptico $\delta(x,y)_{L=4}$ se convierte inmediatamente a un
45 vector de flujo óptico en el nivel de resolución más alto de acuerdo con la ecuación 19.

El número de píxeles para los que necesita calcularse el algoritmo LK piramidal se reduce por lo tanto significativamente. Por ejemplo, para una cuadrícula de vídeo de pantalla de radar, los tamaños de célula se definen para que sean cuadrados. En la resolución más baja (es decir, el nivel piramidal más inferior), el número de píxeles es $N.N = N^2$. Para el enfoque de LK piramidal, cuando se mueve a una resolución superior, el número de píxeles

50 crece en un factor de 4. Esto conduce a un número total de píxeles N_{total}^{Normal} a evaluar de acuerdo con la ecuación 20. Para un sistema de 4 niveles como se muestra en la figura 5, esto conduciría a un número total de acuerdo con la ecuación 21. En la ecuación 20, N_{levels} designa el número de capas en la pirámide de LK. Cada nivel en esta pirámide tiene la mitad de la resolución del siguiente nivel. Una resolución inferior implica que un píxel es mayor. Por lo tanto pueden hallarse desplazamientos de píxel grandes en los niveles de resolución inferiores. Estos
55 desplazamientos grandes bastos ahora se ajustan con perfeccionamiento en la siguiente imagen de resolución

superior. Esto continúa hasta el nivel más alto (es decir, la imagen original). Además, N designa el número de píxeles en una dimensión en la imagen de resolución más inferior en la pirámide para una imagen cuadrada (la cantidad total de píxeles en el nivel de resolución más bajo que es N^2).

5 El número total de número de píxeles crece rápidamente con el número de niveles piramidales y el número de píxeles en el nivel de resolución más inferior. Sin embargo, con el enfoque RADAR-LK de acuerdo con la invención, se mejora el número total de píxeles $N_{total}^{RADAR-LK}$ como se proporciona por la ecuación 22. De acuerdo con el ejemplo anterior, esto conduce a un número total de píxeles $N_{total}^{RADAR-LK}$ a procesar igual a $4N^2$, de acuerdo con la ecuación 23.

10 Debería observarse que este número ya no aumenta más con el número de niveles cuadrados sino que simplemente aumenta linealmente, que puede gestionarse más fácilmente. Especialmente, puesto que el procedimiento RADAR-LK se realiza dos veces (etapa 404 y 407 de la Figura 4), aún se aumenta la ganancia de procesamiento obtenida usando RADAR-LK sobre la norma LK.

15 El algoritmo LK optimizado (RADAR-LK) por lo tanto mejora el algoritmo LK convencional reduciendo cargas de procesamiento y datos necesarias por razones prácticas y/o basándose en densidad de datos intrínseca a sistemas de radar.

De acuerdo con un aspecto de la invención, una función de generación de imagen desplazada (implementada por la unidad 13 de generación de imagen desplazada de la Figura 2) se solicita 3 veces durante el procesamiento de una única exploración respectivamente en las etapas 406, 412, y 415:

- 20 - la primera solicitud se realiza para hallar la imagen prevista desde dos imágenes medidas ($J_{n+1} = \text{INTERP2}(I_n, P_{n+1})$),
- la segunda solicitud y la tercera solicitud se realizan en el cálculo del vector de desvanecimiento de flujo para crear las imágenes intermedias deseadas en un bucle ($\text{INTERP2}(I_n, f, P_{n+1})$ e $\text{INTERP2}(J_n, f, F_{n+1})$).

25 La Figura 6 ilustra la creación de una imagen prevista mediante interpolación hacia atrás. La Figura 6 comprende una parte A que representa los movimientos de píxeles con respecto a posiciones de cuadrícula y una parte B que representa los movimientos de posiciones de cuadrícula con respecto a píxeles (parte B). En la Figura 6, la referencia 60 designa las posiciones de píxel previstos, la referencia 61 designa las posiciones de cuadrícula, la referencia 62 designa los vectores de flujo óptico (en forma de flechas) y la referencia 63 designa los vectores de interpolación de cuadrícula (en forma de flechas). La referencia 6 representa el borde de la imagen.

30 Cuando un vector de predicción está disponible para todos los píxeles en una imagen, los píxeles se mueven a sus localizaciones previstas como se muestra en la parte A de la Figura 6. Sin embargo, en la práctica la cuadrícula de pantalla permanece igual, y únicamente puede cambiar el mapa de intensidad. La intensidad para todas las posiciones de cuadrícula puede determinarse a partir de los vecinos más cercanos un píxel cada vez. Sin embargo, puesto que los píxeles se mueven a diferentes localizaciones, las distancias a los vecinos por píxel no son iguales. Esto conduce a un procedimiento de bucle que consume mucho tiempo. Como se muestra en la parte A de la Figura 35 6, los desplazamientos de píxel indicados con las flechas 62 dan como resultado una distorsión de la cuadrícula, que hace una interpolación lineal en las posiciones de cuadrícula 61 con respecto a la cuadrícula de red transformada que consume tiempo debido a la no uniformidad de la cuadrícula transformada. Es deseable hallar la intensidad en las posiciones de cuadrícula 61 mediante una interpolación en 2D bilineal directa, que puede realizarse enderezando la cuadrícula desplazada, e interpolando en las posiciones de cuadrícula normales menos los vectores de flujo óptico por posición de cuadrícula. La parte B de la Figura 6 muestra el tipo de interpolación hacia atrás de las posiciones de cuadrícula que representan los valores de intensidad en las posiciones reales de cuadrícula. En la parte B, las posiciones de cuadrícula 61 se han movido en la dirección opuesta. Esto se muestra por el hecho de que los vectores de flujo en la parte A están rotados 180 grados con respecto a los vectores de flujo en la parte B. Cuando se realiza una interpolación en 2D bilineal directa en las posiciones de cuadrícula 61 de la parte B, se hallan las 45 intensidades reales en las posiciones enderezadas de cuadrícula 61 de la parte A de la Figura 6.

El dispositivo de mejora de vídeo de acuerdo con las realizaciones de la invención obvia la necesidad de un bucle de realimentación entre el vídeo de rastreo y la pantalla, eliminando de esta manera la restricción de un rastreo que funciona perfectamente y la necesidad de hardware y/o software específico para implementar el bucle de realimentación. Además, el dispositivo 100 de mejora de vídeo de acuerdo con la invención no requiere rastrear información para realizar la predicción de vídeo de pantalla de la exploración n a la exploración n+1. El dispositivo de mejora de vídeo propuesto puede funcionar independientemente con únicamente las imágenes de vídeo de pantalla de dos exploraciones posteriores como entrada, que por lo tanto reduce enormemente la complejidad.

55 Además, el dispositivo de mejora de vídeo de acuerdo con la invención proporciona una imagen de vídeo de pantalla suave a través de múltiples exploraciones mientras aún usa las imágenes de vídeo de pantalla - reales - medidas altamente fluctuantes como entrada. Elimina fluctuaciones de exploración a exploración, eliminando por lo tanto tensión ocular del operador el radar, aumentando el conocimiento situacional, y optimizando la capacidad para distinguir RCS baja y objetivos en movimiento lentos.

El dispositivo de mejora de vídeo propuesto puede funcionar independientemente con únicamente las imágenes de vídeo de pantalla de dos exploraciones posteriores como una entrada.

Incluso si la invención tiene ventajas particulares para una aplicación de sistema de radar, no está limitada a tal aplicación. En particular, la invención puede aplicarse a sistemas de vigilancia de vídeo, películas de lapso de tiempo o videojuegos. Ya que no se requiere la necesidad de conocimiento anterior alguno sobre el contenido de cualquier imagen/entorno, la invención puede usarse en cualquier flujo o conjunto de imágenes. La invención puede implementarse también en cualquier sistema de representación de imagen para el que el intervalo de tiempo entre imágenes posteriores es demasiado grande para crear un flujo de vídeo suave.

La invención puede tomar la forma de una realización que contiene tanto elementos de hardware como de software que implementan la invención.

La invención puede también tomar la forma de un producto de programa informático accesible desde un medio usable por ordenador o legible por ordenador que proporciona código de programa para su uso por o en relación con un ordenador o cualquier sistema de ejecución de instrucciones. Para los fines de esta descripción, un medio usable por ordenador o legible por ordenador puede ser cualquier aparato que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para su uso por o en relación con el sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.

Lo anterior se considera como ilustrativo únicamente de los principios de la invención. Además, puesto que se les ocurrirá fácilmente numerosas modificaciones y cambios a los expertos en la materia, no se desea limitar la invención a la construcción y operación exactas mostradas y descritas, y por consiguiente, puede recurrirse a todas las modificaciones y equivalentes adecuados, cayendo dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, el dispositivo 100 de mejora de vídeo puede usar, como alternativa, un esquema de mezcla de imagen no lineal, o establecer los bordes de alcance del procedimiento de radar-LK a diferentes distancias. Además, debería observarse que aunque la unidad 11 de cálculo de vector de desplazamiento puede estar basada en el algoritmo RADAR-LK para reducir carga computacional, cuando la potencia de procesamiento es relativamente alta (para poder procesar píxeles de alta resolución a todos los niveles), en situaciones donde la potencia de procesamiento no necesita conservarse, la unidad 11 de cálculo de vector de desplazamiento puede estar basada en el algoritmo de Lucas Kanade convencional como alternativa.

EXPOSICIÓN A

Ecuación 1:

$$D_n = LK(I_n, I_{n-1}) \tag{ec. 1}$$

Ecuación 2:

$$P_{n+1} = -D_n \tag{ec. 2}$$

Ecuación 3:

$$J_{n+1} = I_n + P_{n+1} \tag{ec. 3}$$

Ecuación 4:

$$F_{n+1} = LK(J_{n+1}, J_{n+2}) \tag{ec. 4}$$

Ecuación 5

$$J_{n+1}^{(f)} = (1 - f) \cdot INTERP2(J_n, f \cdot F_{n+1}) + f \cdot INTERP2(I_{n+1}, f \cdot P_{n+2}) \tag{ec. 5.1}$$

$$J_{n+1}^{(k)} = \left(\frac{N_k - k}{N_k}\right) \cdot (J_n + \frac{k}{N_k} \cdot F_{n+1}) + \frac{k}{N_k} \cdot (I_{n+1} + \frac{k}{N_k} \cdot P_{n+2}) \tag{ec. 5.2}$$

Ecuación 6:

$$Dn(x, y) = LK(I_n(x, y), I_{n-1}(x, y)) \quad (\text{ec. 6})$$

Ecuación 7:

$$F_{n+1}(x, y) = LK(J_{n+1}(x, y), J_{n+2}(x, y)) \quad (\text{ec. 7.1})$$

$$F_{n+2}(x, y) = LK(J_{n+2}(x, y), J_{n+3}(x, y)) \quad (\text{ec. 7.2})$$

Ecuación 8:

$$I_x(x, y) = \frac{I(x+1, y) - I(x-1, y)}{2} \quad (\text{ec. 8})$$

5

Ecuación 9:

$$I_y(x, y) = \frac{I(x, y+1) - I(x, y-1)}{2} \quad (\text{ec. 9})$$

Ecuación 10:

$$G = \sum_{x=p_x-w}^{p_x+w} \sum_{y=p_y-w}^{p_y+w} \begin{bmatrix} I_x^2(x, y) & I_x(x, y)I_y(x, y) \\ I_x(x, y)I_y(x, y) & I_y^2(x, y) \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 10})$$

10 **Ecuación 11:**

$$\Delta I(x, y) = I(x, y) - \tilde{I}(x, y) \quad (\text{ec. 11})$$

Ecuación 12:

$$\overline{b(x, y)} = \sum_{x=p_x-w}^{p_x+w} \sum_{y=p_y-w}^{p_y+w} \begin{bmatrix} \Delta I(x, y)I_x(x, y) \\ \Delta I(x, y)I_y(x, y) \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 12})$$

Ecuación 13:

$$\overline{\delta(x, y)} = G^{-1} \cdot \overline{b(x, y)} \quad (\text{ec. 13})$$

15

Ecuación 14:

$$\Delta I(x, y) = I(x, y) - \tilde{I}\left(x + \overline{\delta_x(x, y)}, y + \overline{\delta_y(x, y)}\right) \quad (\text{ec. 14})$$

Ecuación 15:

$$M = \begin{bmatrix} 1/4 \\ 1/2 \\ 1/4 \end{bmatrix} \cdot [1/4 \quad 1/2 \quad 1/4] = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{ec. 15})$$

20 **Ecuación 16:**

$$I_{blur}^L(x, y) = I^L \otimes M \quad (\text{ec. 16})$$

Ecuación 17:

$$I^{L-1}(x, y) = I_{blur}^L([2: 2: N_x^L], [2: 2: N_y^L]) \quad (\text{ec. 17})$$

Ecuación 18:

$$\overline{\delta(x, y)}_{init}^L = 2 \cdot \overline{\delta(x, y)}_{found}^{L-1} \quad (\text{ec. 18})$$

5

Ecuación 19:

$$\overline{\delta(x, y)}_{L=1} = 2^{L-1} \cdot \overline{\delta(x, y)}_{L=4} \quad (\text{ec. 19})$$

Ecuación 20:

$$N_{total}^{normal} = \sum_{L=1}^{N_{levels}} (2^{L-1} \cdot N)^2 \quad (\text{ec. 20})$$

10

Ecuación 21:

$$N_{total}^{normal} = \sum_{L=1}^4 (2^{L-1} \cdot N)^2 = N^2((2^0)^2 + (2^1)^2 + (2^2)^2 + (2^3)^2) = 85N^2 \quad (\text{ec. 21})$$

Ecuación 22:

$$N_{total}^{RADAR-LK} = \sum_{L=1}^{N_{levels}} N^2 = N_{levels} \cdot N^2 \quad (\text{ec. 22})$$

Ecuación 23:

$$N_{total}^{RADAR-LK} = \sum_{L=1}^4 N^2 = 4 \cdot N^2 \quad (\text{ec. 23})$$

15

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para mejorar la visualización de vídeo de un sistema de vigilancia de vídeo, en el que dicho procedimiento comprende:

- 5 a. recibir (401) una primera imagen de vídeo I_{n-1} y una segunda imagen de vídeo I_n que corresponde a una exploración anterior n-1 y una exploración actual n de dicho sistema de vigilancia de vídeo,
 b. determinar (404) un campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_n de la imagen I_n que se asocia con la exploración n a la imagen I_{n-1} asociada con la exploración n-1;
 c. determinar (406) una imagen prevista J_{n+1} para la exploración n+1 basándose en el campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_n y en la imagen I_n que corresponde a la exploración actual n, comprendiendo el
 10 procedimiento adicionalmente:

i. iterar la etapa a. a c. para la exploración n y n+1 para determinar un campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_{n+1} desde una imagen I_{n+1} , asociada con la exploración n+1, a la imagen I_n , asociada con la exploración n, y para determinar una imagen prevista J_{n+2} para la exploración n+2 desde dicho campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_{n+1} ,

15 en el que el procedimiento comprende adicionalmente:

ii. determinar (407) un campo de vector de desplazamiento hacia delante F_{n+2} a partir de dicha imagen prevista J_{n+1} para la exploración n+1 y dicha imagen prevista J_{n+2} para la exploración n+2;

iii. generar una primera imagen intermedia $L_{n+2}^{(f)}$ (415) a partir de dicho campo de vector de desplazamiento

20 hacia delante F_{n+2} y la imagen prevista J_{n+1} para la exploración n+1, y una segunda imagen intermedia $J_{n+2}^{(f)}$ (412) de la imagen I_{n+1} y el campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_{n+1} de la imagen I_{n+1} a la imagen I_n , comprendiendo el procedimiento adicionalmente una adición de dichas imágenes intermedias obtenidas en la etapa iii., ponderadas por un factor de ponderación, que proporciona dicha imagen visualizada.

25 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha etapa b. de determinación (404) de un campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_n y dicha etapa ii. de determinación (407) de un campo de vector de desplazamiento hacia delante F_{n+1} cada una comprende aplicar una misma función de cálculo de vector de desplazamiento $LK(I, \tilde{I})$ desde una imagen de inicio I a una imagen final \tilde{I} , donde $LK(\cdot)$ designa una función basada en la función Lucas-Kanade para calcular un vector de flujo óptico $\overline{\alpha(x,y)}$, comprendiendo la etapa b. aplicar la función de cálculo de vector LK de I_n a I_{n-1} , comprendiendo la etapa ii. aplicar la función de cálculo de vector LK de J_{n+1} a J_{n+2} .

30 3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la función de cálculo de vector de desplazamiento está basada en un procedimiento de Lucas-Kanade de único nivel y única iteración que opera independientemente en cada píxel, comprendiendo la función de cálculo de vector calcular derivadas en un píxel que rodea una función de correlación predefinida, en ambas direcciones horizontal y vertical, entre la imagen I y la imagen \tilde{I} , en el que I designa la imagen de inicio e \tilde{I} designa la imagen final.

35 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la función de cálculo de vector de desplazamiento comprende:

- Calcular la derivada de I en ambas direcciones horizontal y vertical,
- Basándose en las imágenes derivadas obtenidas, construir una matriz derivada espacial G por posición de píxel,
- Calcular la diferencia de intensidad entre la imagen I y la imagen \tilde{I} ,
- 40 - Construir un vector de desajuste de imagen basándose en la diferencia de intensidad entre la imagen I y la imagen \tilde{I} , y
- determinar el vector de flujo óptico $\overline{\alpha(x,y)}$ a partir de dicha matriz derivada espacial G y dicho vector de desajuste de imagen.

45 5. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior 3 y 4, en el que la función de cálculo de vector de desplazamiento comprende iterar el cálculo del vector del flujo óptico $\overline{\alpha(x,y)}$, teniendo en cuenta en cada iteración los desplazamientos hallados $\overline{\alpha(x,y)}$ en la imagen \tilde{I} para el cálculo de la diferencia de intensidad.

6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que los vectores de flujo óptico obtenidos en una iteración actual se añaden a los vectores de flujo óptico obtenidos en la iteración anterior.

50 7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior 5 y 6, en el que comprende adicionalmente predefinir un parámetro de terminación para detener las iteraciones.

8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el parámetro de terminación se define dependiendo del ruido de las imágenes y la precisión objetivo.
9. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la función de cálculo de vector está basada en descomposición piramidal de las imágenes en un número de niveles de una alta resolución a una resolución inferior, construyéndose la descomposición piramidal de manera iterativa basándose en convolución de imagen con una matriz de borrosidad K y una operación de submuestreo, que proporciona una imagen borrosa con valores de píxel que consisten en una combinación de intensidades desde sus vecinos.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la función de cálculo de vector comprende realizar la convolución de la imagen I^L en el nivel L con la matriz de borrosidad K, que proporciona una imagen borrosa en el nivel L con la misma resolución que la imagen I^L , y submuestrear y crear la imagen de nivel inferior I^{L-1} en el nivel L-1 a partir de la imagen borrosa en el nivel L y el número de píxeles en el nivel L en cada dirección.
11. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior 9 y 10, en el que el número de niveles L requerido en la pirámide depende de la resolución de inicio en combinación con el número de píxeles objetos que se espera que se muevan en el sistema de vigilancia de vídeo.
12. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior 9 a 11, en el que en la primera iteración de la función de cálculo de vector, los vectores de flujo óptico se toman como iguales a dos veces los vectores de flujo óptico hallados en un nivel inferior.
13. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior 9 a 12, en el que el sistema de vigilancia de vídeo es un sistema de radar y las imágenes son sustancialmente cuadradas, y en el que la función basada en Lucas Kanade se calcula en un número total de píxeles $N_{total}^{RADAR-LK} = N_{levels} \cdot N^2$, en la que N designa el número de píxeles en una dimensión en la imagen de resolución más baja en la pirámide Lucas Kanade, y N_{levels} designa el número de capas en la pirámide Lucas Kanade.
14. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que comprende aplicar una misma función de generación de imagen desplazada una vez en la etapa i. para determinar una imagen prevista y dos veces en la etapa iii. para generar cada imagen intermedia, designando dicha generación de imagen desplazada una función que corresponde a un algoritmo de interpolación en 2D bilineal en el que todos los píxeles en una primera imagen de entrada se desplazan por los valores en 2D en una segunda imagen de entrada.
15. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que el factor de ponderación es la relación entre un parámetro $f = 1/k$, en la que k representa el índice de la imagen intermedia y N_k representa el número total de imágenes intermedias.
16. Un dispositivo (100) de mejora de vídeo para mejorar visualización de vídeo de un sistema de vigilancia de vídeo, en el que el dispositivo está configurado para recibir una primera imagen de vídeo I_{n-1} y una segunda imagen de vídeo I_n , que corresponde a una exploración anterior n-1 y una exploración actual n de dicho sistema de vigilancia de vídeo, estando configurado el dispositivo para:
- determinar un campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_n de la imagen I_n asociada con la exploración n a la imagen I_{n-1} asociada con la exploración n-1;
 - determinar una imagen prevista J_{n+1} para la exploración n+1 basándose en el campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_n y en la imagen I_n que corresponde a la exploración actual n,
- estando configurado adicionalmente el dispositivo para determinar un campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_{n+1} de la imagen I_{n+1} , asociada con la exploración n+1, a la imagen I_n , asociada con la exploración n, y una imagen prevista J_{n+2} para la exploración n+2 basándose en el campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_{n+1} y en la imagen I_{n+1} que corresponde a la exploración n+1, en el que el dispositivo comprende adicionalmente:
- una unidad (11) de cálculo de vector de desplazamiento configurada para determinar un campo de vector de desplazamiento hacia delante F_{n+2} a partir de dicha imagen prevista J_{n+1} para la exploración n+1 y dicha imagen prevista J_{n+2} para la exploración n+2,
 - una unidad (13) de cálculo de imagen configurada para generar una primera imagen intermedia $I_{n+2}^{(f)}$ a partir de dicho campo de vector de desplazamiento hacia delante F_{n+2} y la imagen prevista J_{n+1} para la exploración n+1, y una segunda imagen intermedia $J_{n+2}^{(f)}$ de la imagen I_{n+1} y el campo de vector de desplazamiento hacia atrás D_{n+1} de la imagen I_{n+1} a la imagen I_n ,
- dicha imagen visualizada resultante de la adición de dichas imágenes intermedias ponderadas por un factor de ponderación.

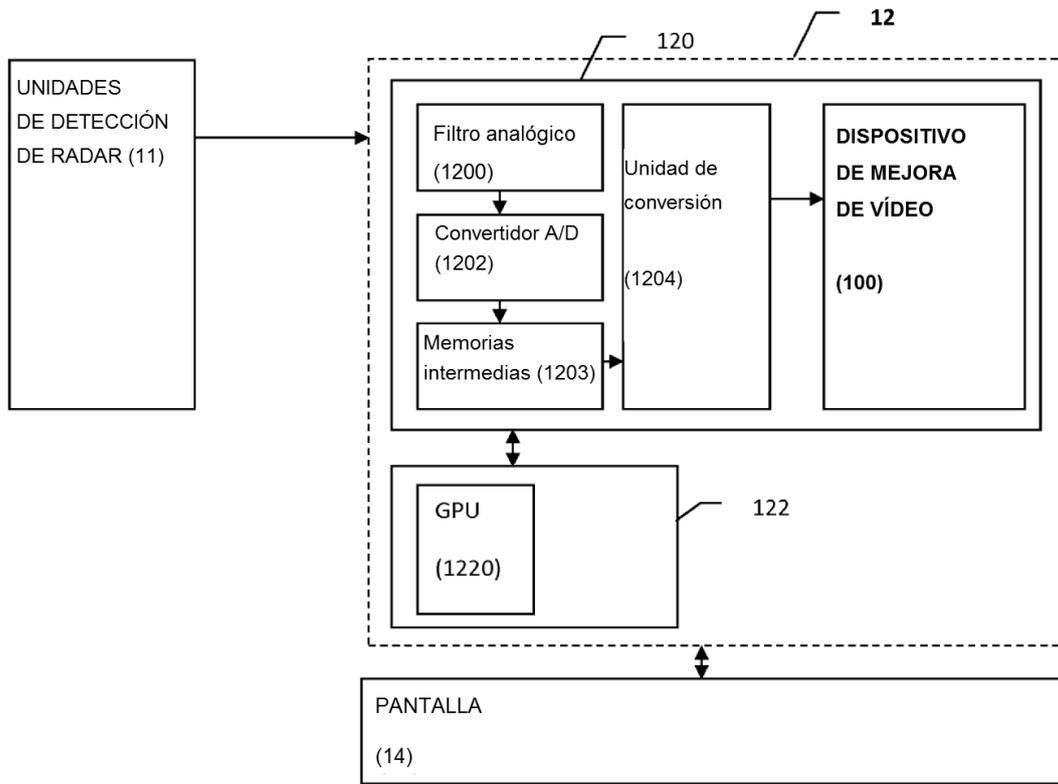


FIGURA 1

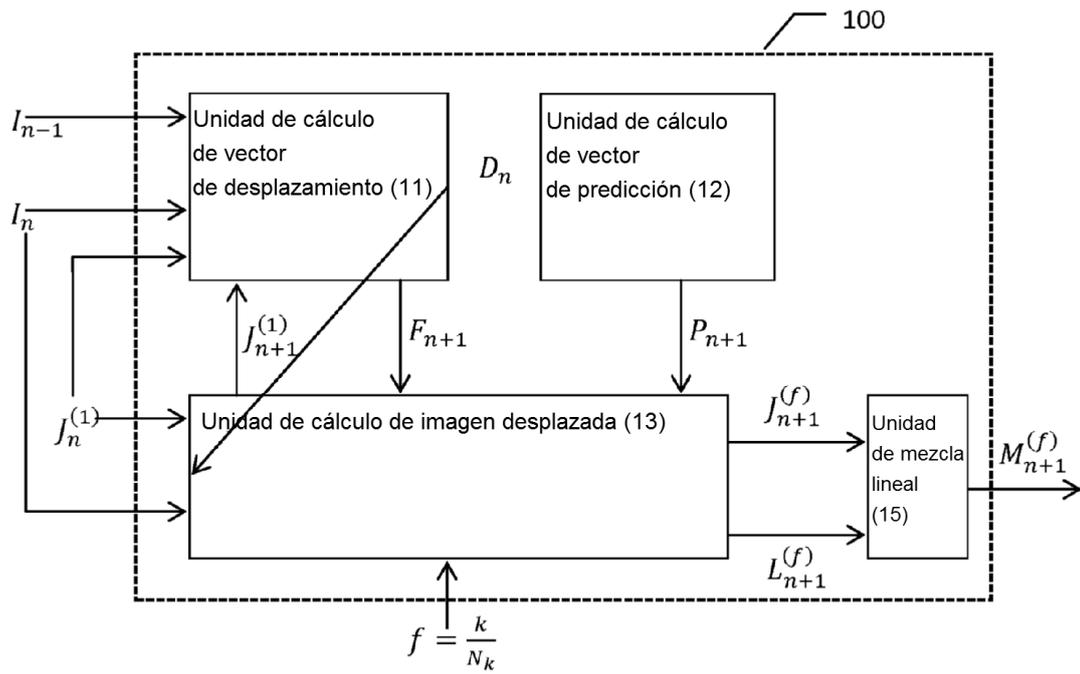


FIGURA 2

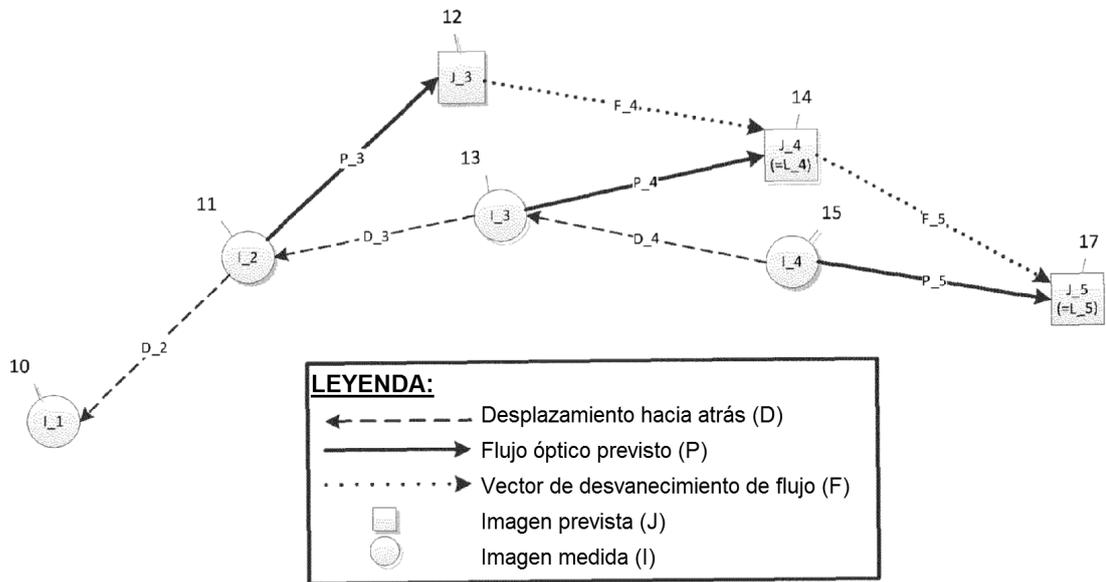


FIGURA 3

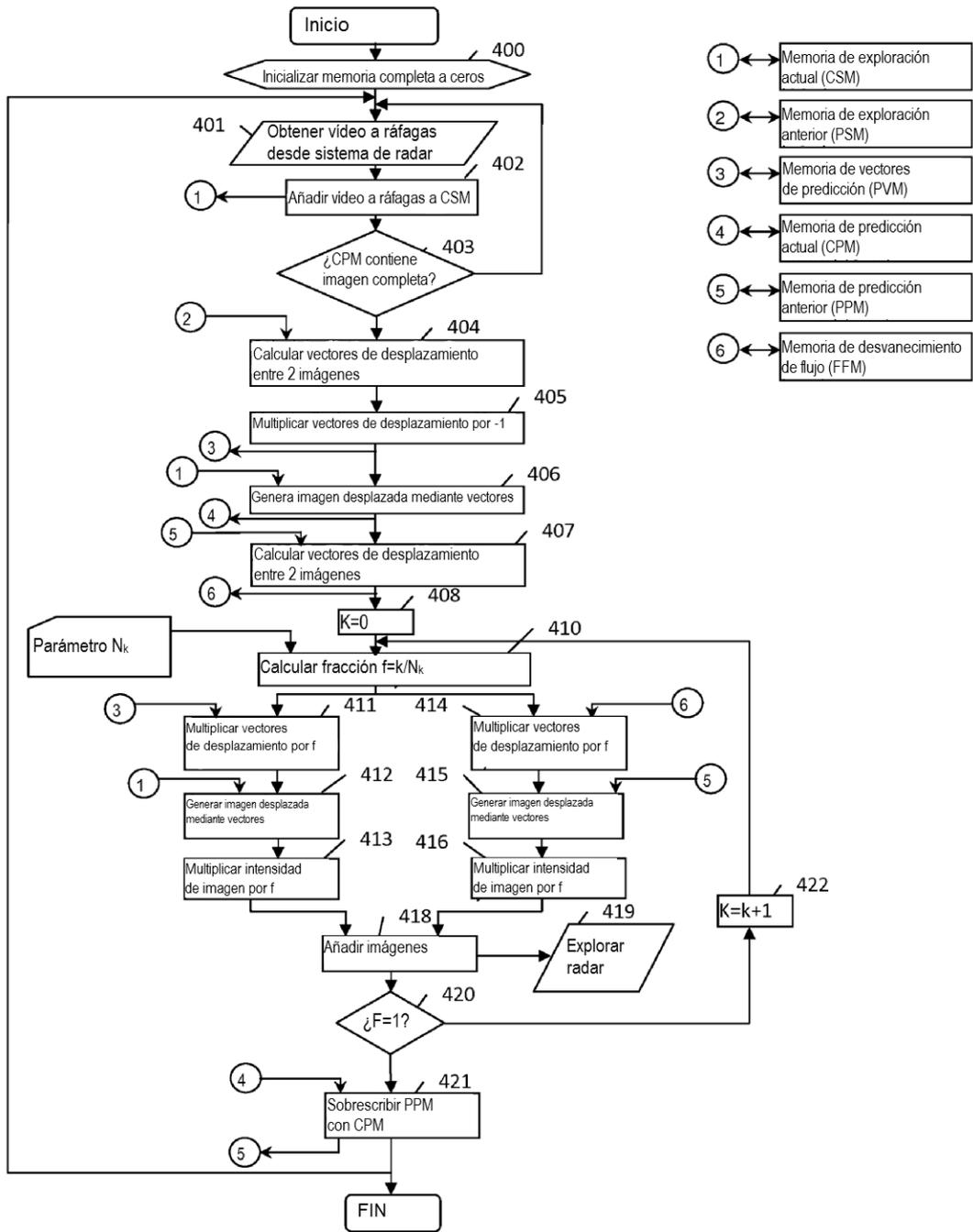


FIGURA 4

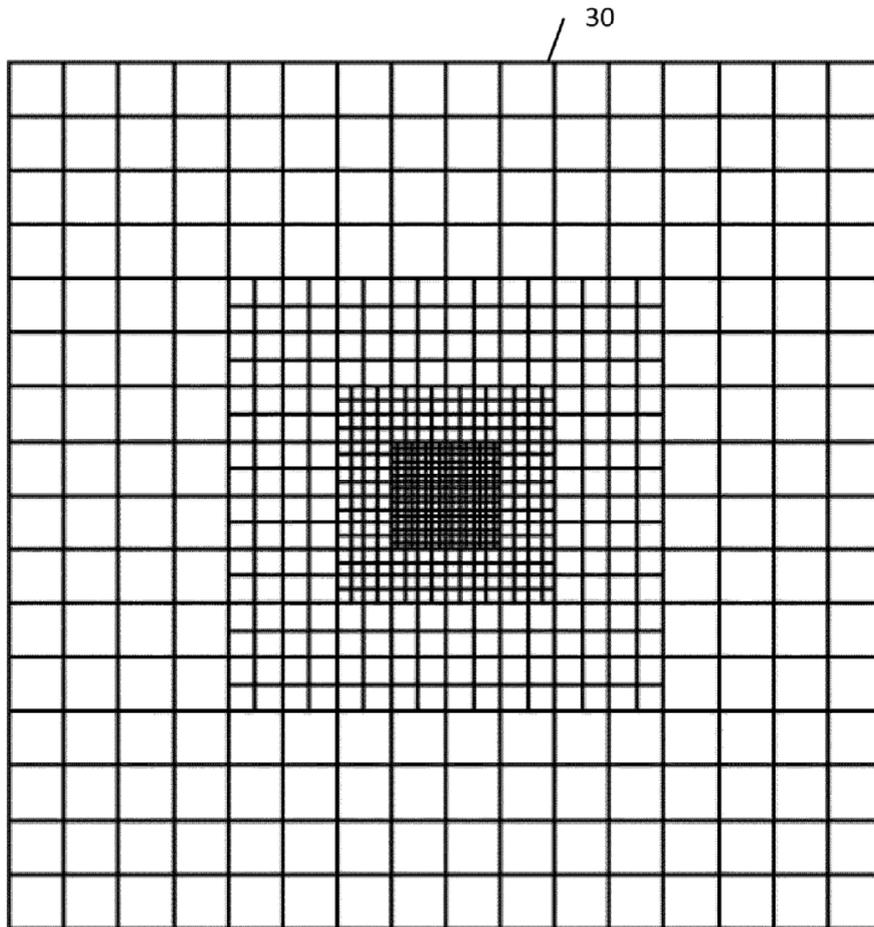


FIGURA 5

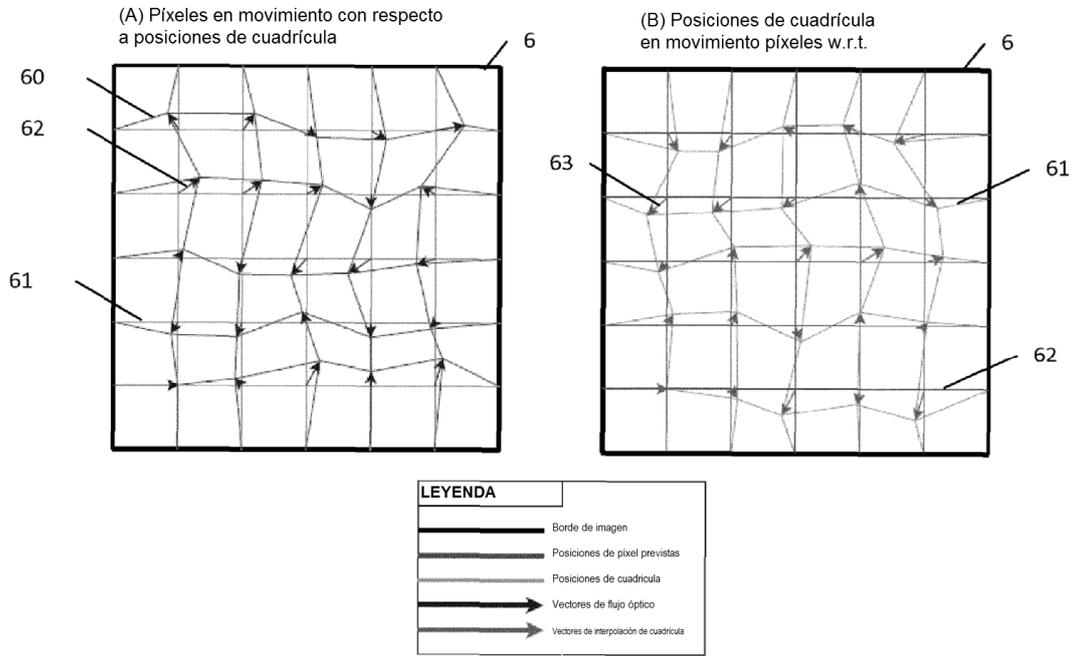


FIGURA 6