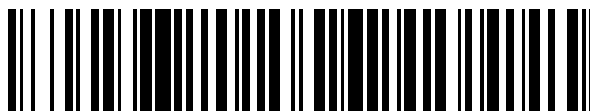


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 473**

51 Int. Cl.:

H04N 5/14 (2006.01)

G06T 7/20 (2006.01)

H04N 7/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2011 E 11168349 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 2400740**

54 Título: **Procedimiento para estimación de vectores de movimiento para interpolación de trama**

30 Prioridad:

23.06.2010 TR 201005076

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

30.11.2015

73 Titular/es:

**VESTEL ELEKTRONIK SANAYI VE TICARET A.S.
(100.0%)
Organize Sanayi Bölgesi
45030 Manisa, TR**

72 Inventor/es:

**GUNYEL, BERTAN y
ALATAN, ABDULLAH AYDIN**

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 552 473 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

Procedimiento para estimación de vectores de movimiento para interpolación de trama

5 Ámbito técnico

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la estimación de vectores de movimiento para interpolación de trama.

10 Técnica anterior

[0002] Un video está constituido por múltiples tramas, siendo cada una de dichas tramas una imagen fija, el efecto de mostrar tramas consecutivas dando la impresión de movimiento. La tasa de tramas de los vídeos es generalmente suficientemente alta de manera que un espectador no puede percibir las tramas individuales sino que percibe una imagen en movimiento continuo.

[0003] En algunos dispositivos de visualización de televisión es deseable aumentar la tasa de trama en la que el video fue originalmente capturado hasta la que el video está siendo presentado. Esto puede ser debido al requisito de aumentar la tasa de trama para la visualización de acuerdo con un estándar diferente de aquella a la que se capturó el video.

[0004] Además, muchos de los últimos equipos de televisión de alto rendimiento, especialmente pantalla grande y versiones de pantalla ancha (16:9 formato), utilizan una tasa de refresco de 100 Hz en lugar de la tasa de refresco de 50Hz convencional. Esto es principalmente para evitar el parpadeo de la pantalla y el desenfoco del movimiento que se hace más perceptible y molesto para el espectador cuando el tamaño de la pantalla aumenta. Sin embargo, las transmisiones de radiodifusión de televisión sólo pueden contener 50 tramas por segundo. Por lo tanto, la tasa de trama de los contenidos transmitidos debe ajustarse para, por ejemplo, los nuevos televisores LCD que tienen tasas de refresco de 100 Hz, 120 Hz o 200 Hz. El aumento de la tasa de trama se llama conversión ascendente de tasa de trama.

[0005] Para la conversión ascendente de tasa de trama, son insertadas nuevas tramas entre las tramas existentes del contenido de video. Tres enfoques sencillos para conversión ascendente de tasas de trama se refieren como "inserción de trama en negro", "repetición de trama" y "promedio de trama". Mientras que estas técnicas son relativamente simples desde el punto de vista de cálculo, que pueden degradar el rendimiento visual. Por ejemplo, la inserción de trama en negro, reduce la intensidad media del contenido de video, mientras que la repetición de trama y promedio de trama producen "vibración de movimiento" y "desenfoco de movimiento". La interpolación de trama de movimiento compensado es la solución preferida para interpolación a fin de evitar el desenfoco de movimiento, causado por la función de persistencia de movimiento del sistema visual humano, el largo tiempo de respuesta de las células de cristal y la característica de retención-tipo de los paneles de visualización.

[0006] La estimación de movimiento es un paso vital para la extracción de la información de movimiento entre tramas de imagen sucesivas. Los algoritmos de estimación de movimiento se pueden dividir en dos categorías, denominados algoritmos pel-recursivos y por bloques. Los esquemas pel-recursivos estiman movimiento para cada píxel de las tramas de imagen, mientras que los esquemas por bloques dividen las tramas de imagen en bloques de píxeles y asumen que todos los píxeles de un bloque cumplen el mismo movimiento. Los esquemas por bloque son ampliamente utilizados debido a su comportamiento satisfactorio y ventajas de cálculo.

[0007] Los algoritmos de estimación de movimiento por bloque se pueden dividir en dos sub-grupos, a saber los procedimientos "tipo de búsqueda" y los algoritmos de tipo "predecir-y-actualizar". Entre todos los algoritmos de estimación de movimiento de tipo búsqueda convencionales, el mejor rendimiento se obtiene mediante el algoritmo de búsqueda completa. El objetivo general de tales procedimientos de estimación de movimiento es reducir la complejidad de cálculo, mientras que se mantiene la degradación de rendimiento en un mínimo.

[0008] Las técnicas basadas en búsqueda son más comunes que las técnicas basadas en predicción, pero no son adecuadas para los propósitos de la invención tal como se describe aquí. Puesto que las técnicas basadas en búsqueda pretenden encontrar vectores de movimiento, minimizando una métrica de error, los vectores de movimiento estimados no pueden representar el "verdadero" movimiento 2D entre tramas sucesivas de video. Sin embargo, la estimación de vectores de movimiento 2D verdaderos es necesaria para la interpolación de trama de movimiento compensado.

[0009] El tamaño de bloque puede tener un impacto contradictorio en el rendimiento de estimación de movimiento. El tamaño de bloque más grande es ventajoso para encontrar más vectores de movimiento estables ya que los bloques de mayor tamaño tienen más información de textura. Por otra parte, es mejor menor tamaño de bloque para la representación de las características de movimiento alrededor de los bordes del objeto en movimiento. Por lo tanto, es difícil de encontrar el tamaño de bloque óptimo. Una solución apropiada es comenzar la estimación de movimiento utilizando bloques de píxeles con grandes tamaños y disminuir gradualmente el tamaño de bloque.

[0010] En el artículo de Ai - Mei Huang: "Motion vector processing in compressed video and its applications to motion compensated frame interpolation" publicado en 1 de enero de 2009, páginas 1 a 46, se da a conocer un procedimiento para mejorar la calidad de la imagen por interpolación de trama de movimiento compensado o conversión ascendente de tasa de trama. En la primera etapa del procedimiento, se determina si los vectores de movimiento en el tren de bits recibido son fiables. Esta determinación se realiza mediante el cálculo de la energía

residual de los bloques que tienen los vectores de movimiento y comparando los valores calculados con un valor predeterminado. Entonces, los bloques que comprenden vectores de movimiento poco fiables y adyacentes entre sí son fusionados. Después de la fusión, el mejor vector de movimiento se asigna a un macro-bloque mediante selección a partir de un conjunto de candidatos y la minimización de la diferencia predicción bidireccional absoluta promedio entre las predicciones de hacia adelante y hacia atrás. Entonces, los vectores de movimiento asignados se reclasifican basándose en la diferencia de predicción bidireccional ya que aún puede haber áreas más pequeñas dentro de los macro-bloques donde vectores de movimiento asignados no pueden representar bien su movimiento. Como el macro-bloque consta de varios movimientos, algunas regiones pueden tener diferente movimiento. Por esa razón, estos vectores de movimiento inadecuados se pueden identificar entonces y ser reclasificados. Entonces, se lleva a cabo el alisado de los vectores de movimiento asignados con el fin de evitar artefactos fantasmas graves producidos por el movimiento erróneo. Al final se lleva a cabo la interpolación de trama.

[0011] En "A Multi-Pass True Motion Estimation Scheme with Motion Vector Propagation for Frame Rate Up Conversion Applications", IEEE Journal of Display Technol., volume 4, número 2, páginas 188-197, de En S.C. Tai, Y.R. Chen, Z.B. Huang, C.C. Wang, junio de 2008, se propone un algoritmo de estimación de movimiento con tamaño de bloque variable. El algoritmo procesa los bloques de una trama varias veces comenzando por un tamaño de bloque grande y disminuyendo apreciablemente el tamaño de bloque en pasadas sucesivas. Al final de cada pasada, la mejor concordancia de los vectores de movimiento con los de bloques vecinos, son elegidos hasta que haya confianza en la estimación de movimiento

[0012] De Ai-Mei Huang: "Motion vector processing in compressed video and its applications to motion compensated frame interpolation", 1 enero 2009, XP55038475 se lleva a cabo interpolación de trama mediante refinamiento jerárquico de vectores de movimiento en diferentes tamaños de bloque.

[0013] En otro artículo publicado de SUK-JU KANG y otros: "Design and implementation of median filter based adaptive motion vector smoothing for motion compensated frame rate up-conversion" en Consumers Electronics, 2009. ISCE '09. IEEE 13º Simposio Internacional, IEEE, Piscataway, NJ, EE.UU., 25 de mayo de 2009, páginas 745-748, se menciona que, en la conversión ascendente de tasa de trama de movimiento compensado, que consiste en la estimación de movimiento e interpolación de movimiento compensado, entre los vectores de movimiento, pueden existir algunos vectores de movimiento incorrectos y si estos vectores de movimiento incorrectos se utilizan para la construcción de la trama interpolada, se producen artefactos de bloque en la trama y la calidad de imagen de la trama disminuye en gran medida. Por esa razón, en dicho documento, se desarrolla un procedimiento para alisar vectores de movimiento con el fin de eliminar los problemas mencionados. En el procedimiento, los aberrantes de un campo de vectores de movimiento se detectan y corrigen, considerando los vectores de movimiento vecinos que rodean el vector de movimiento actual. El procedimiento de alisado mencionado se basa en el filtro de media para conversión ascendente de tasa de trama de movimiento compensado. Específicamente, en la detección de aberrantes, se calcula la correlación espacial entre el vector de movimiento actual y sus vectores de movimiento vecinos. Si el vector de movimiento actual no está en correlación con sus vectores de movimiento vecinos, se decide que el vector de movimiento actual es aberrante y, el vector de movimiento es corregido en un nuevo vector de movimiento generado por el filtro de media.

Breve descripción de la invención

[0014] La presente invención pretende proporcionar un procedimiento mejorado de estimación de vectores de movimiento.

[0015] De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento de pasadas múltiples de estimación de vectores de movimiento para la interpolación de una trama de vídeo, comprendiendo el procedimiento realizar una búsqueda predictiva para asignar vectores de movimiento a los bloques de píxeles de la trama de vídeo, detectar los vectores de movimiento aberrantes entre los vectores de movimiento asignados, corregir los vectores de movimiento aberrantes, y repetir las etapas de búsqueda predictiva, detección y corrección en una segunda y siguientes pasadas para evitar la acumulación de error en los vectores de movimiento asignados.

[0016] En una realización, la trama de vídeo a interpolar puede estar situada temporalmente entre primeras y segundas tramas de una secuencia de tramas de vídeo.

[0017] Adicional y/o alternativamente, la trama de vídeo interpolada puede ser una reconstrucción o síntesis de una trama que ha sido omitida, perdida y/o dañada de alguna manera.

[0018] Las realizaciones de la presente invención estiman el campo de vector de movimiento por bloque entre una primera trama ($F(t)$) y una segunda trama ($F(t+T)$) de una secuencia de tramas de vídeo.

[0019] El procedimiento utiliza preferiblemente procesamiento de resolución múltiple. Por ejemplo, las resoluciones de trama y tamaños de bloque pueden ser adaptados para cada pasada.

[0020] En una realización, un vector de movimiento se asigna a cada bloque de píxeles mediante la etapa de búsqueda predictiva. Los vectores de movimiento aberrantes en el campo de vector de movimiento generado, son entonces detectados y corregidos al final de cada pasada. Como el procedimiento detecta y corrige a continuación, los vectores de movimiento aberrantes durante cada pasada, se evita la acumulación de error.

[0021] En una realización preferida, el procedimiento comprende además seleccionar el vector de movimiento asignado que más próximamente concuerda con un conjunto candidato.

[0022] Preferiblemente, el vector de movimiento asignado seleccionado proporciona un error mínimo de concordancia para pixel del conjunto candidato.

[0023] Por ejemplo, el conjunto de candidatos se forma aplicando un conjunto de vector de actualización a un vector de movimiento predictivo.

[0024] Un vector de movimiento se define como no aberrante si tiene tanto buenas propiedades de concordancia de error como coherencia espacial con los vecinos. Por lo tanto, si falla al menos una de estas dos condiciones, el vector de movimiento correspondiente se considera como aberrante.

[0025] Por lo tanto, en una realización, la etapa de detección de vectores de movimiento aberrantes comprende detectar vectores de movimiento como vectores de movimiento aberrantes que tienen un error de concordancia para píxel por encima de un umbral predeterminado; y/o detectar como vectores de movimiento aberrante, vectores de movimiento que tienen coherencia insuficiente con los vectores de movimiento de bloques vecinos.

[0026] Dos vectores son considerados como similares, si las diferencias absolutas entre los componentes X e Y están, por separado, por debajo de un umbral predeterminado.

[0027] En una realización, la etapa de corrección de vectores de movimiento aberrante comprende seleccionar el vector de movimiento a partir de un conjunto de candidatos que minimiza la función de coste.

[0028] Por ejemplo, el conjunto de candidatos para la corrección de vector de movimiento está compuesto por los vectores de movimiento no aberrantes de bloques vecinos

[0029] En un procedimiento de la invención la función de coste comprende el error de concordancia para píxel cuando el vector de movimiento candidato se aplica al bloque particular de píxeles; la desviación total del vector de movimiento candidato de los restante vectores de movimiento en el conjunto candidato; la diferencia absoluta de los valores medios de intensidad del bloque particular de píxeles y el bloque de píxeles que aloja el vector de movimiento candidato; y la relación entre el número de bloques que tienen vectores de movimiento aberrantes en la vecindad del bloque que aloja el vector de movimiento candidato, y el número total de bloques en la vecindad del bloque que aloja el vector de movimiento candidato.

[0030] Preferiblemente, y en los términos antes indicados, el procedimiento utiliza procesamiento de resolución múltiple en el que la segunda y subsiguientes pasadas que repiten la búsqueda predictiva, las etapas de detección y corrección se comienzan con bloques cuyos tamaños han sido ajustados.

[0031] Por ejemplo, el tamaño de bloque efectivo puede ser disminuido durante la segunda y subsiguientes pasadas utilizando un factor de sub-muestreo.

[0032] La invención se extiende también a un dispositivo para la estimación de vectores de movimiento para la interpolación de una trama de vídeo, el dispositivo comprende medios para realizar una búsqueda predictiva para asignar vectores de movimiento a bloques de píxeles de la trama de vídeo, medios para recibir vectores de movimiento asignados desde los medios de realización de la búsqueda y para detectar vectores de movimiento aberrantes entre los vectores de movimiento asignados, medios para recibir y corregir los vectores de movimiento aberrantes, y medios para aplicar los vectores de movimiento asignados, incluyendo los vectores aberrantes corregidos, de vuelta a dichos medios de realización de búsqueda predictiva, con lo cual pueden ser comenzadas segunda y subsiguientes pasadas a través de dichos medios de realización de búsqueda predictiva, dichos medios de detección y dichos medios de corrección.

[0033] Por ejemplo, el dispositivo puede comprender además medios para ajustar las dimensiones de la primera y segunda tramas para cambiar el nivel de procesamiento de resolución. Preferiblemente, el dispositivo comprende además medios lógicos para determinar el nivel de procesamiento de resolución al final de una pasada, y para aplicar el bloque de píxeles a los medios para alterar la resolución a menos que la resolución del bloque es un nivel predeterminado.

[0034] En una realización, el dispositivo también comprende medios para cambiar las dimensiones efectivas de los bloques de píxeles.

[0035] Preferiblemente, el dispositivo comprende además medios lógicos para determinar el tamaño del bloque de píxeles al final de una pasada, y para aplicar el bloque a dichos medios para cambiar el tamaño efectivo del bloque a menos que el tamaño del bloque esté en un nivel predeterminado.

[0036] El uso de procesamiento de resolución múltiple como se definió anteriormente permite capturar vectores de movimiento grandes rápidamente en pasadas tempranas. Las pasadas subsiguientes pueden utilizar bloques con tamaños efectivos decrecientes para mejorar los vectores de movimiento asignados.

Objeto de la invención

[0037] El objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento mejorado para estimación de vectores de movimiento.

[0038] Otro objeto de la presente invención es estimar el campo vector de movimiento para bloque entre una primera trama ($F(t)$) y una segunda trama ($F(t+T)$) de una secuencia de tramas de vídeo.

[0039] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de pasadas múltiples de estimación de vectores de movimiento para la interpolación de una trama de vídeo.

[0040] Otro objeto de la invención es asignar vector de movimiento a cada bloque de píxeles mediante la etapa de búsqueda predictiva en la que los vectores de movimiento aberrante del campo vector de movimiento generado son entonces detectados y corregidos al final de cada pasada.

[0041] Otro objeto de la presente invención es corregir vectores de movimiento aberrante seleccionando el vector de movimiento a partir de un conjunto de candidatos que minimiza la función de coste.

[0042] Otro objeto de la presente invención es utilizar procesamiento de resolución múltiple en el procedimiento de pasadas múltiples de estimación de vectores de movimiento.

[0043] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo para estimación de vectores de movimiento para la interpolación de una trama de vídeo.

[0044] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo que comprende además medios para ajustar las dimensiones de las primera y segunda tramas para cambiar el nivel de procesamiento de resolución.

5 **[0045]** Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo que comprende además medios para cambiar las dimensiones efectivas de los bloques de píxeles.

Breve descripción de los dibujos

10 **[0046]** Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1, ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo para estimación de vectores de movimiento por medio de un procedimiento de la invención;

- la figura 2, muestra un patrón de selección de vector de movimiento predictivo (PMV);

15 - la figura 3; representa órdenes de escaneo alternativas seguidas en pasadas sucesivas del procedimiento; y

- la figura 4; muestra una estructura de asignación de vectores de movimiento de sub-bloque.

[0047] Los números de referencia que se utilizan en las cifras pueden poseer los siguientes significados;

Campo de vector de movimiento estimado (100)

Una primera trama (F(t)) (101)

20 Una segunda trama (F(t+T)) (102)

Unidad de ajuste Resolución (103)

Unidad de búsqueda predictiva (104)

Unidad de detección de vector aberrante (DO) (105)

Unidad de corrección de vector aberrante (OC) (106)

25 Unidad de adaptación de tamaño de bloque (BSA) (107)

Unidad de adaptación de tamaño de trama (108)

Medios lógicos (109, 110, 111)

Vector de movimiento (112)

Bloque procesado actualmente (200)

30 Vectores de movimiento de los vecinos (201-208)

Bloques de vecinos de un bloque actual (411-418)

Sub-bloques de un bloque actual (401 - 404)

Descripción detallada de la invención

35 **[0048]** Como se ha indicado, las realizaciones de la presente invención son para utilizarse en procedimientos de interpolación de tramas de vídeo. Por ejemplo, la trama a interpolar puede ser temporalmente situada entre primeras y segundas tramas de una secuencia de tramas de vídeo, o puede ser una reconstrucción de una sola trama. Al considerar un objeto individual que sucede en tramas sucesivas, se requiere exista homogeneidad entre los vectores de movimiento dentro del objeto en las tramas sucesivas, pero que hay una transición brusca entre los vectores de movimiento del objeto y el fondo, o entre los vectores de movimiento de diferentes objetos. Los procedimientos aquí descritos tratan de lograr esta homogeneidad y las transiciones bruscas requeridas.

40 **[0049]** Los procedimientos descritos pueden ser utilizados para estimar el campo de movimiento hacia adelante (DFwd) entre una primera trama (F(t)) y una segunda trama (F(t+T)) de una secuencia de tramas de vídeo. Esto se hace mediante la búsqueda de una concordancia en la segunda trama para cada bloque de píxeles definido en la primera trama. Asimismo, el procedimiento puede ser utilizado para estimar el campo de movimiento hacia atrás (DBwd) entre una primera trama (F(t)) y una segunda trama (F(t+T)) de una secuencia de tramas de vídeo, encontrando una concordancia en la primera trama, para cada bloque de píxeles definidos en la segunda trama. Además, el algoritmo propuesto puede ser utilizado para estimar cualquier campo de vector de movimiento bidireccional (DBID) entre una primera trama (F(t)) y una segunda trama (F(t+T)) de una secuencia de tramas de vídeo, y que se define en la trama intermedia (F(t+Φ)), donde $0 < \Phi < T$. Para cada bloque de píxeles definido en el marco intermedio (F(t+Φ)), una primera concordancia en la primera trama y una segunda concordancia en la segunda trama que se encuentra situada en la misma línea espacio-temporal con la primera coincidencia y el bloques de píxeles particular en la trama intermedia, son encontrados para la estimación del campo de vector de movimiento bidireccional.

55 **[0050]** La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo para estimación de vectores de movimiento (112) mediante un procedimiento de la invención. Un campo de vector de movimiento estimado previamente (100), que se genera entre una trama previa (F(t-T)) y una primera trama (F(t)), se aplica a un sub-muestreo, unidad de ajuste de resolución (103), junto con la primera (F(t)) (101) y la segunda trama (F(t+T)) (102). En los límites de la toma de una
60 señal de vídeo, la entrada, el campo de vector de movimiento estimado previamente (100), puede comprender inicialmente vectores de movimiento nulo (112) si se encuentra disponible un detector de cambio de pantalla/límite de la toma. De otra manera, el campo de vector de movimiento estimado previamente inicial se selecciona de manera apropiada para proporcionar continuidad temporal. Por ejemplo, puede elegirse un vector de movimiento previo hacia adelante, hacia atrás o bidireccional. Las tramas de entrada (101) y (102) son sub-muestreadas por la
65 unidad de resolución de ajuste (103) hasta la resolución más pequeña.

[0051] Como se describe a continuación, los procedimientos de la invención son procedimientos de pasadas múltiples. Los procedimientos son también, preferiblemente, procedimientos de resolución múltiple y el tamaño de bloque efectivo disminuye entre pasadas sucesivas. Por ejemplo, para el procesamiento de resolución múltiple, el tamaño de bloque de implementación se ajusta según al tamaño de bloque efectivo y un factor de sub-muestreo, por medio de una unidad de adaptación de tamaño de bloque (BSA) (107). Las tramas reducidas a escala con tamaño de bloque de implementación ajustado, se aplican entonces a una unidad de búsqueda predictiva (PS) (104). La unidad de búsqueda predictiva (104) asigna vectores de movimiento (112) a los bloques de píxeles de una de las tramas $F(t)$, $F(t + T)$ o $F(t + \phi)$, de acuerdo con la estimación de movimiento sea hacia adelante, hacia atrás o bidireccional.

[0052] Se apreciará que los vectores de movimiento estimado erróneamente (112) son conocidos como vectores de movimiento aberrante (112), y que los vectores de movimiento estimados correctamente (112) son conocidos como vectores de movimiento no aberrante (112). Los vectores de movimiento (112) que han sido estimados mediante la unidad de búsqueda predictiva (104) se aplican entonces a una unidad de detección de vector aberrante (OD) (105) de modo que pueden detectarse vectores de movimiento aberrante (112). Los vectores de movimiento estimados (112) se aplican entonces a una unidad de corrección de vector aberrante (OC) (106), que corrige los vectores de movimiento aberrantes detectados y emite un campo de vector de movimiento corregido.

[0053] La salida de la unidad de corrección de vector aberrante (106) se aplica a medios lógicos (109) que determinan el nivel de procesamiento de resolución de los bloques al final de la pasada a través de la unidad de búsqueda predictiva (104), la unidad de detección de vector aberrante (105) y la unidad de corrección de vector (106). Si la resolución de bloque no está en un nivel predeterminado, las tramas (101) y (102) y el campo de vector de movimiento corregido y estimado actualmente se aplican de nuevo a la unidad de búsqueda predictiva (104), de tal manera que se realiza otra pasada.

[0054] Como se indica en la figura 1, las pasadas adicionales del algoritmo se operan con ajustes al necesario tamaño de bloque de implementación y a las dimensiones de la trama. La salida de los medios lógicos (109), si se han completado los niveles de tamaño de bloque efectivo para la resolución dimensión de trama específico, se aplica a los medios lógicos ya sea (110) o (111). Si no se han completado los niveles de tamaño de bloque efectivo para la resolución de dimensión de trama específica, la salida se aplica a medios lógicos (110) que determina si el tamaño de bloque está por encima de un nivel predeterminado. Si el tamaño del bloque es mayor que el nivel predeterminado, el tamaño de bloque se ajusta por una unidad de adaptación de tamaño de bloque (107), mediante el cual se reduce el tamaño de bloque efectivo para la siguiente pasada. Si los niveles de tamaño de bloque efectivo para resolución de dimensión de trama específica no son completados, la salida de los medios lógicos (109) se aplica a los medios lógicos (111) que determinan si las dimensiones de la trama específicas son más pequeñas que las dimensiones de trama original. Si las dimensiones de trama específicas son menores que las dimensiones de la trama original, la resolución de dimensión de trama es adaptada por una unidad de adaptación de tamaño de trama (108), que sub muestrea las tramas originales a una resolución de dimensión de trama mayor que la resolución específica que se está procesando actualmente.

[0055] El procedimiento de búsqueda predictivo consiste en elegir el vector que da error mínimo, a partir de un conjunto de vector candidato compuesto por la actualización de un vector de movimiento predictivo (112). En otras palabras, la etapa de corrección de vectores de movimiento aberrante (112) comprende seleccionar el vector de movimiento (112) a partir de un conjunto de candidatos (CS_{correct}) que minimiza la función de coste.

$$\overrightarrow{MV}^i(\overline{X}, t) = \arg \min_{\overline{C} \in CS^i} \left\{ e(\overline{C}, \overline{X}, t) \right\} \quad (1)$$

[0056] En la ecuación (1), $\overrightarrow{MV}^i(\overline{X}, t)$, es el vector de movimiento (112) asignado al bloque de centrado en la posición $X = (x, y)$ al final de la pasada i -ésima. CS^i es el conjunto de vectores candidatos y $e(C, X, t)$ es la métrica de error para pixel. En una realización preferida, $e(C, X, t)$ es la suma para píxel de las diferencias absolutas que se dan en (2).

$$e(\overline{C}, \overline{X}, t) = \frac{1}{\|B(\overline{X})\|} \sum_{\overline{x} \in B(\overline{X})} \left| I(\overline{x}, t) - I(\overline{x} + \overline{C}, t + T) \right| \quad (2)$$

[0057] En la ecuación (2), $\|B(\overline{X})\|$ representa el número de píxeles en el bloque $B(x)$, centrado en X . Siendo $I(x, t)$ el valor de intensidad en la localización espacial x y ubicación temporal t .

[0058] El conjunto candidate para la pasada i -ésima, CS^i se forma como en la relación

$$CS^i(\overline{X}, t) = \left\{ \overline{C} \in CS^{\max} : \overline{C} = \overline{D}^i(\overline{X}) + \overline{U}, \overline{U} \in US^i \right\} \quad (3)$$

[0059] En la relación (3), CS^{\max} es el rango de búsqueda máximo de vectores de movimiento (112), $\bar{D}^i(\bar{X})$ es el vector de movimiento predictivo (PMV) para el bloque centrado en X, donde US^i representa el conjunto de vectores actualizados en la pasada i-ésima.

5 **[0060]** Las propiedades de los vectores en el conjunto actualizado US^i , tienen diferentes impactos en el rendimiento de la estimación de movimiento. Aumentar el número de vectores en el conjunto actualizado e incluyendo vectores actualizados más grandes, permite al algoritmo encontrar los vectores de movimiento (112) en regiones de movimiento grandes. Por otra parte, aumentando el número de vectores e incluyendo vectores actualizados más ampliamente también aumenta el riesgo de divergencia en el procedimiento de búsqueda predictiva que puede producir vectores de movimiento erróneos (112). Por lo tanto, es un enfoque apropiado tener un conjunto actualizado mayor con los tamaños de bloque más grandes que proporcionan más información de textura para una más estable estimación de movimiento, y disminuir el conjunto actualizado para reducir el riesgo de divergencia con la disminución del tamaño de bloque.

10 **[0061]** Según lo establecido anteriormente, el algoritmo de estimación de movimiento realizado por el dispositivo de la figura 1 utiliza procesamiento de resolución múltiple con el fin de permitir convergencia rápida en regiones con gran movimiento. Por lo tanto, teniendo un conjunto de actualización amplio con el fin de permitir la convergencia rápida no es necesario en el coste de correr el riesgo de divergencia. Los vectores de actualización se seleccionan a partir de un pequeño conjunto en escasas primeras pasadas. Como los vectores de movimiento (112) convergen a un estado estable, el conjunto de vectores de actualización se fija a un conjunto mínimo. El conjunto de vectores de actualización US^i se puede ver en la relación (4).

20

$$US^i = \begin{cases} \left\{ \left(\begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} \pm 1 \\ 0 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 0 \\ \pm 1 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} \pm 2 \\ 0 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 0 \\ \pm 2 \end{array} \right) \right\}, & i = 1, 2 \\ \left\{ \left(\begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} \pm 1 \\ 0 \end{array} \right), \left(\begin{array}{c} 0 \\ \pm 1 \end{array} \right) \right\}, & i > 2 \end{cases} \quad (4)$$

[0062] El vector de movimiento predictivo $\bar{D}^i(\bar{X})$ se toma para ser el mejor vector en términos de la métrica de error de un conjunto de candidatos vector de movimiento predictivo, $DS^i(X)$. Este procedimiento se formula en (5).

$$\bar{D}^i(\bar{X}) = \arg \min_{\bar{C} \in DS^i(\bar{X})} \left\{ e(\bar{C}, \bar{X}, t) \right\} \quad (5)$$

25 **[0063]** En la formación del conjunto candidatos de vector de movimiento predictivo (PMV), $DS^i(\bar{X})$, es importante que, al menos, uno de los candidatos de vector de movimiento predictivo (PMV) esté en el mismo objeto con el bloque actualmente procesado centrado en X.

30 **[0064]** En una realización, esto se logra mediante utilizando el patrón ilustrado en la figura 2. Como se muestra, los vectores de movimiento de los vecinos (201), (203), (206) y (208) se incluyen en el conjunto candidato de vector de movimiento predictivo (PMV) para el bloque actualmente procesado (200).

[0065] Como los vectores de movimiento (112) se determinan con la rutina de búsqueda predictiva para la pasada actual (pasada i-ésima), se realiza un análisis en este campo de movimiento con el fin de detectar y corregir los vectores de movimiento estimados como erróneos (112). Los vectores de movimiento erróneos (112) se corrigen al final de cada pasada con el fin de impedir la propagación de errores entre pasadas.

35 **[0066]** Los vectores de movimiento aberrante se encuentran principalmente en las regiones de oclusión, cubiertas y sin cubrir donde no puede realizarse una concordancia de bloque apropiada. Debido a la falta de buenas propiedades de concordancia, en estas regiones los vectores tienen altos valores de error de concordancia. Además, dado que los bloques vecinos pertenecientes a un mismo objeto en movimiento deben obedecer al mismo movimiento, los vectores que tienen una baja correlación con los vectores vecinos también deben ser detectados como aberrantes.

40 **[0067]** Un vector de movimiento (112) es detectado como un vector aberrante, si se satisface, al menos, una de las condiciones en (6) y (7).

$$e(\bar{C}, \bar{X}, t) > thr_{SAD} \quad (6)$$

Número de vectores similares $< thr_{neighbor}$ (7)

5 **[0068]** En las condiciones (6) y (7), $e(C, X, t)$ es la métrica de error para píxel. En una forma de realización, $e(C, X, t)$ es la suma para píxel de métricas de diferencias absolutas que se dan en la ecuación (2). Las variables thr_{SAD} y $thr_{neighbor}$ son umbrales predeterminados.

[0069] Dos vectores $X_1 = (x_1, y_1)$ y $X_2 = (x_2, y_2)$ se consideran similares, si la diferencia absoluta entre los componentes x e y son menores de un umbral predeterminado. Este se formaliza en la relación (8),

$$\overline{X}_1 \text{ y } \overline{X}_2 \text{ son similares si } \begin{cases} |x_1 - x_2| < thr_{sim} \\ AND \\ |y_1 - y_2| < thr_{sim} \end{cases} \quad (8)$$

10 **[0070]** En relación (8), thr_{sim} es un umbral predeterminado. Respecto de la relación (8), se puede afirmar que similitud individual de los componentes del vector se considera más bien que la medida de similitud total, tal como suma de diferencias absolutas de los componentes del vector. Esta selección es eficaz para eliminar decisiones de similitud falsas.

15 **[0071]** Después de detectar los vectores de movimiento aberrantes (112) en la pasada actual, los mismos son corregidos seleccionando el mejor vector de un conjunto de candidatos, $CS_{correct}(\overline{X}, t)$ en términos de una función de coste $J(\overline{C}, \overline{X}, t)$,

$$\overline{MV}(\overline{X}, t) = \arg \min_{\overline{C} \in CS_{correct}(\overline{X}, t)} \{ J(\overline{C}, \overline{X}, t) \} \quad (9)$$

20 **[0072]** El conjunto de candidatos se compone de los vectores de la vecindad que están etiquetados como no aberrantes. La vecindad se mantiene pequeña a fin de no causar divergencia alguna. Se puede determinar que la vecindad sea 3×3 . El conjunto candidato se expresa formalmente en (10).

$$CS_{correct}(\overline{X}, t) = \{ \overline{C} \in 3 \times 3 \text{ Neighborhood} : \overline{C} \text{ is an Inlier Vector} \} \quad (10)$$

25 **[0073]** Puesto que un vector de movimiento (112) debe tener un valor SAD bajo junto con la alta correlación espacial con los vectores de vecinos para ser considerado como no aberrante, la estructura de núcleo de la función de costo es la siguiente:

$$J_{core}(\overline{C}, \overline{X}, t) = e(\overline{C}, \overline{X}, t) + \lambda \sum_{\overline{V} \in CS_{correct}} (|C_x - V_x| + |C_y - V_y|) \quad (11)$$

30 **[0074]** En la ecuación (11) C_x , C_y , V_x y V_y , representan las componentes x e y de los vectores correspondientes, siendo λ un parámetro de diseño.

[0075] La fiabilidad de un vector etiquetado como cambios de no aberrante con los estados no aberrante/aberrante de los vectores en su propia vecindad. Un vector no aberrante que tiene un menor número de vecinos aberrantes es más fiable. Además, la probabilidad de que cualquiera de los dos bloques en una vecindad pertenezca al mismo objeto en movimiento aumenta así como la diferencia absoluta entre los valores medios de intensidad de los bloques

35 disminuye. Estas restricciones adicionales se añaden a la función de coste núcleo $J_{core}(\overline{C}, \overline{X}, t)$ en (11), formando la función de coste completa $J(\overline{C}, \overline{X}, t)$

$$J(\bar{C}, \bar{X}, t) = J_{core}(\bar{C}, \bar{X}, t) \times \frac{|\mu(\bar{X}) - \mu(\bar{X}(\bar{C}))|}{255} \times \frac{N_{Outlier}(\bar{X}(\bar{C}))}{N_{Total}(\bar{X}(\bar{C}))} \quad (12)$$

[0076] En la ecuación (12), X es la ubicación central del bloque en proceso, mientras que \vec{c} y $\bar{X}(\bar{C})$ son respectivamente el vector candidato y la ubicación del centro del bloque del vector candidato. La cantidad $m(X)$ representa el valor medio de intensidad del bloque centrado en X. Por otra parte, $N_{Outlier}(X)$ y $N_{Total}(X)$ son

5 respectivamente el número de bloques con vectores aberrantes en la vecindad del bloque centrado en \bar{X} y el número total de bloques en la vecindad.

[0077] El algoritmo de estimación de movimiento de resolución múltiple propuesto está diseñado para funcionar con flexibilidad en los ajustes de parámetros. En una realización, el algoritmo es operado con un tamaño de bloque efectivo inicial de 32x32 que luego se disminuye hasta un tamaño de bloque efectivo de 16 x 16, y luego a 8 x 8. El campo vector de movimiento se genera con un tamaño de bloque de 4 x 4 .

10 [0078] En una realización, el número de pasadas para cada nivel de tamaño de bloque se ajusta a 1. Por lo tanto, hay un total de 4 pasadas para la estimación de movimiento. Las dos primeras pasadas, que corresponden a tamaños de bloque efectivo de 32 x 32 y 16 x 16, son realizadas con tramas reducidas a escala con factores de reducción de escala de (4:1) x (4: 1) y (2: 1) x (2: 1), respectivamente. Los tamaños de bloque de implementación para ambos niveles son de 8x8 debido al sub muestreo. Los dos últimos niveles, como tamaños de bloque efectivo de 8x8 y 4x4 se procesan con las tramas originales, con los tamaños de bloque de implementación de 8x8 y 4x4.

15 [0079] Las configuraciones de tamaño de bloque y los valores de parámetro utilizados en una implementación se ilustran en la tabla 1 y en la tabla 2.

20 **Tabla 1 – Configuraciones de tamaño de bloque**

Nivel	Tamaño de bloque efectivo	Factor de reducción a escala	Tamaño de bloque implementado
1	32x32	(4:1)x(4:1)	8x8
2	16x16	(2:1)x(2:1)	8x8
3	8x8	(1:1)x(1:1)	8x8
4	4x4	(1:1)x(1:1)	4x4

Tabla 2 – Ajustes de parámetro

Explicación de parámetro	Nombre de parámetro	Referencia de ecuación	Valor de parámetro
Umbral SAD para píxel para detección de vector aberrante	thr _{SAD}	(6)	8,0
Umbral de vecinos similares para detección de vector aberrante	thr _{neighbor}	(7)	3
Umbral para componente para similitud de vector	thr _{sim}	(8)	2
Factor de puesta en escala en métrica de corrección de vector aberrante	λ	(11)	1,0

[0080] El patrón utilizado para candidatos de vector de movimiento predictivo, que se ilustra en la figura 2, está diseñado para proporcionar convergencia lateralmente opuesta para prevenir posibles inconvenientes causados por convergencia unidimensional. Además, en pasadas sucesivas son preferiblemente aplicadas órdenes de exploración que alternan para reducir el efecto de convergencia unidimensional. Las órdenes de exploración alternas se ilustran en la figura 3.

[0081] Como se explicó anteriormente, el tamaño de bloque efectivo puede disminuirse entre pasadas sucesivas. Dado que el tamaño de bloque efectivo se reduce a la mitad, existen 4 sub-bloques en el nuevo campo de movimiento correspondientes a un bloque individual del campo de movimiento anterior. Una alternativa para llenar el campo de movimiento ampliado es la simple copia del vector de movimiento individual (112) para todos los sub-bloques. Sin embargo, también es posible asignar el vector de movimiento (112) desde de un conjunto de

candidatos a los nuevos sub-bloques para minimizar así la métrica de error para píxel, $e(\bar{C}, \bar{X}, t)$.

[0082] La estructura de asignación del vector de movimiento sub-bloque (112) se ilustra en la figura 4. Los bloques (411, 412, 413, 414, 415, 416, 417 y 418) son los bloques vecinos del bloque actual, que se compone de los sub-bloques (401, 402, 403 y 404). Los conjuntos de candidatos de los sub-bloques se dan en (13).

$$\begin{aligned}
 CS_{401} &= \{\bar{V}_{411}, \bar{V}_{412}, \bar{V}_{414}, \bar{V}_{400}\} \\
 CS_{402} &= \{\bar{V}_{412}, \bar{V}_{413}, \bar{V}_{415}, \bar{V}_{400}\} \\
 CS_{403} &= \{\bar{V}_{414}, \bar{V}_{416}, \bar{V}_{417}, \bar{V}_{400}\} \\
 CS_{404} &= \{\bar{V}_{415}, \bar{V}_{417}, \bar{V}_{418}, \bar{V}_{400}\}
 \end{aligned} \tag{13}$$

[0083] En (13), $\bar{V}_{411}, \bar{V}_{412}, \bar{V}_{413}, \bar{V}_{414}, \bar{V}_{415}, \bar{V}_{416}, \bar{V}_{417}, \bar{V}_{418}$ son los vectores de movimiento correspondientes a los bloques (411, 412, 413, 414, 415, 416, 417 y 418), respectivamente. El vector de movimiento V_{400} es el vector de movimiento del bloque actual antes de que se divida en sub-bloques.

[0084] Según lo establecido anteriormente, los procedimientos descritos tienen como objetivo el procesamiento de resolución múltiple con la adaptación de las dimensiones del bloque de implementación. Esto permite que los cálculos que se hacen usando tamaños de bloque más pequeños, mientras que producen el impacto de un tamaño de bloque mayor.

[0085] La búsqueda predictiva se lleva a cabo para asignar los vectores de movimiento (112) para cada bloque de píxeles. El algoritmo detecta los vectores de movimiento aberrante (112) en el campo de vector de movimiento asignado al final de cada pasada. En la última etapa, los vectores de movimiento aberrante detectados (112) se corrigen para proporcionar el campo de vector de movimiento obtenido al final de cada pasada.

[0086] Se apreciará que las variaciones en, y modificaciones a las realizaciones descritas e ilustradas pueden hacerse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

5 **1.** Procedimiento de pasadas múltiples para estimación de vectores de movimiento (112) para la interpolación de una trama en una secuencia de tramas de vídeo que comprende primeras tramas (101) y segundas tramas (102) encontrando una concordancia en una de dichas segundas tramas (102) para cada bloque de píxeles definido en una de dichas primeras tramas (101), o viceversa, en el que dicha trama a interpolar está situada temporalmente entre dicha primera trama (101) y dicha segunda trama (102),
comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- 10 - ajustar un tamaño de bloque de dicha una primera trama (101) y de dicha una segunda trama (102) mediante la reducción de escala de dicha una primera trama y de dicha una segunda trama,
- llevar a cabo una estimación de movimiento mediante la aplicación de una búsqueda predictiva a dicha una primera trama reducida en escala y a dicha una segunda trama reducida en escala para asignar vectores de movimiento (112) a los bloques de píxeles de dicha una primera trama (101) o de dicha de una segunda trama (102) según que
15 la estimación de movimiento sea hacia adelante o hacia atrás,
- detectar vectores de movimiento aberrante (112) de entre los vectores de movimiento asignados (112),
- corregir los vectores de movimiento aberrante (112), y
- determinar un nivel de procesamiento de resolución,
20 - repetir las etapas de ajuste de un tamaño de bloque, llevando a cabo una estimación de movimiento, una detección de vectores de movimiento aberrante, una corrección de los vectores de movimiento aberrante, y determinar el nivel de procesamiento de resolución en pasadas segunda y subsiguientes para evitar acumulación de error en los vectores de movimiento asignados (112), cuando el tamaño de bloque se encuentra por encima de un nivel predeterminado, en el que durante cada una de dichas pasadas, el tamaño de bloque se reduce por un factor de sub muestreo y se cambia dicho nivel de procesamiento de resolución,
25

caracterizado porque

30 la etapa de corrección de los vectores de movimiento aberrante (112) comprende la selección de un vector de movimiento a partir de un conjunto de candidatos (CScorrect) como un vector de movimiento candidato que minimiza una función de costo en el que dicha función de costo comprende:

- 35 - un error de concordancia para pixel cuando el vector de movimiento candidato se aplica a un determinado bloque de píxeles;
- desviación total del vector de movimiento candidato de los demás vectores de movimiento del conjunto de candidatos (CScorrect);
- una diferencia absoluta de los valores de intensidad medios del bloque particular de píxeles y un bloque de píxeles que aloja el vector de movimiento candidato; y
- una relación entre el número de bloques que tienen vectores de movimiento aberrante en una vecindad del bloque que aloja el vector de movimiento candidato, y el número total de bloques en la vecindad del bloque que aloja el vector de movimiento candidato;
40

45 en el que el conjunto de candidatos (CScorrect) para corrección de vector de movimiento (112) se compone de los vectores de movimiento no aberrante de bloques en una vecindad del bloque que aloja el vector de movimiento aberrante que se corrige.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de detección de vectores de movimiento aberrante comprende:

- 50 -detectar como vectores de movimiento aberrante, vectores de movimiento que tienen un error de concordancia para píxel por encima de un umbral predeterminado.

3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de detección de vectores de movimiento aberrante comprende:

- 55 - detectar como vectores de movimiento aberrante (112), vectores de movimiento (112) que tienen coherencia insuficiente con los vectores de movimiento (112) de bloques vecinos.

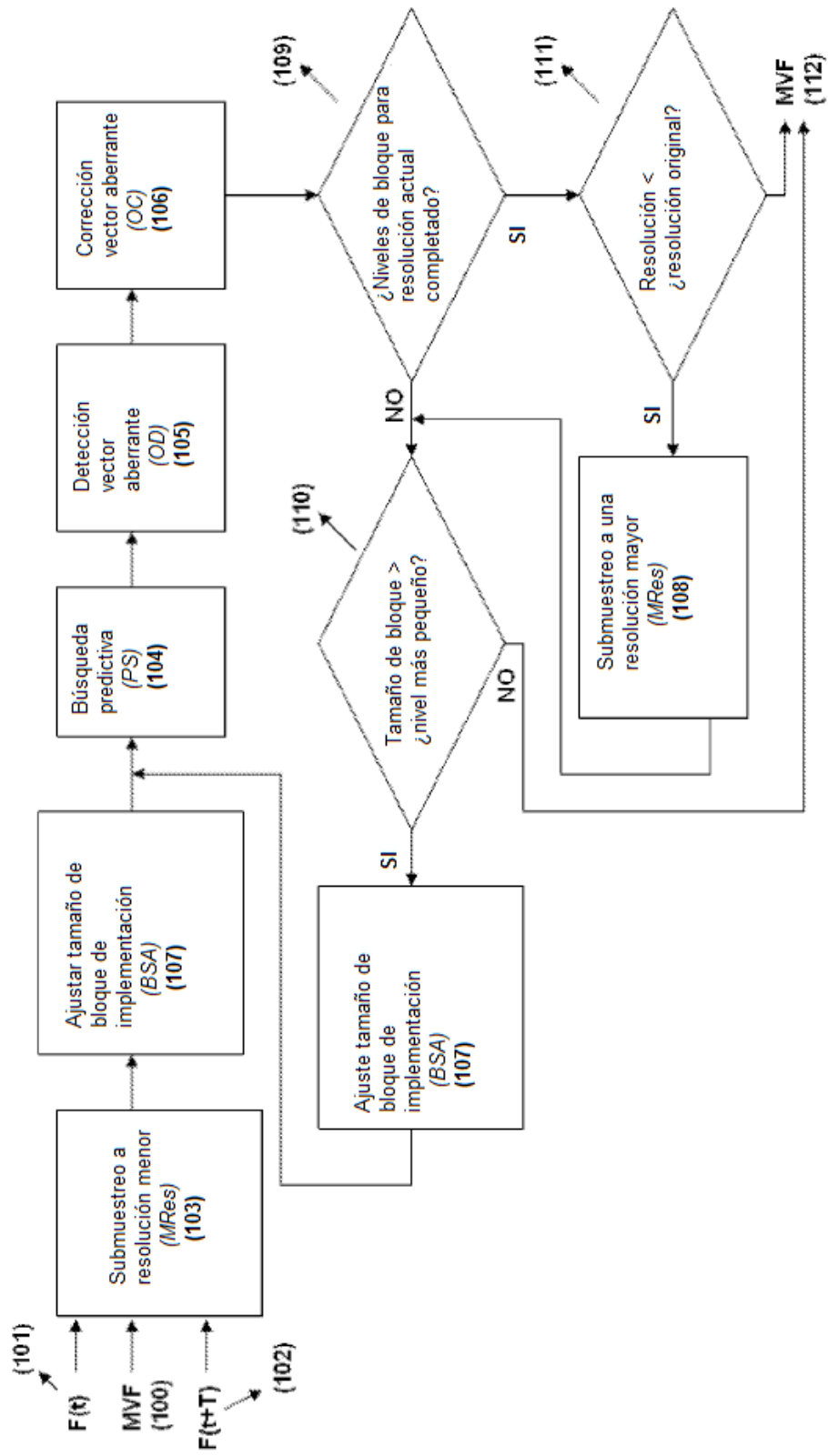


FIGURA 1

201	202	203
204	200	205
206	207	208

FIGURA 2

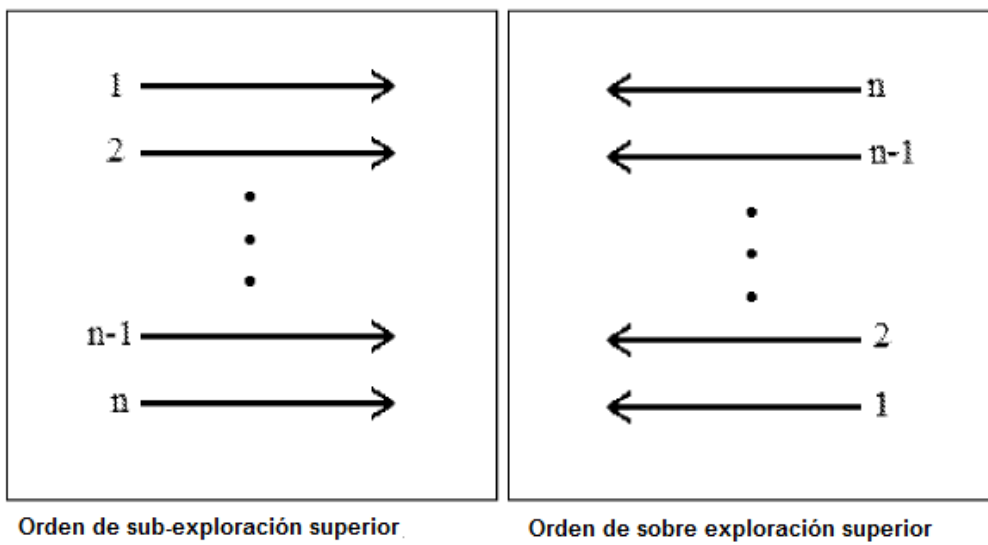


FIGURA 3

411	412	413
414	401	402
	403	404
416	417	418

FIGURA 4

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Bibliografía no de patentes citada en la descripción

• **MEI HUANG.** *Motion vector processing in compressed video and its applications to motion compensated frame interpolation*, 01 January 2009, 1-46 [0010]

• **S.C. TAI; Y.R. CHEN ; Z.B. HUANG ; C.C. WANG.** A Multi-Pass True Motion Estimation Scheme with Motion Vector Propagation for Frame Rate Up Conversion Applications. *IEEE Journal of Display Technol.*, June 2008, vol. 4 (2), 188-197 [0011]

• **AI-MEI HUANG.** *Motion vector processing in compressed video and its applications to motion compensated frame interpolation*, 01 January 2009 [0012]

• **SUK-JU KANG et al.** Design and implementation of median filter based adaptive motion vector smoothing for motion compensated frame rate up-conversion. *CONSUMER ELECTRONICS, 2009. ISCE '09. IEEE 13th International Symposium On, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 25 May 2009, 745-748 [0013]*

10