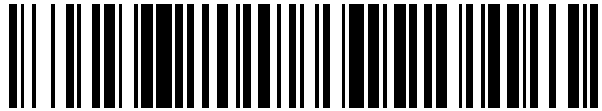


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 340**

51 Int. Cl.:

H04N 19/503 (2014.01)

H04N 19/51 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2002 E 02738517 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 1440581**

54 Título: **Unidad y método para la estimación del movimiento, y aparato de procesamiento de imagen provisto con tal unidad de estimación de movimiento**

30 Prioridad:

10.07.2001 EP 01202641

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

09.01.2015

73 Titular/es:

**ENTROPIC COMMUNICATIONS, INC. (100.0%)
6290 Sequence Drive
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

LUNTER, GERARD A.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 526 340 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Unidad y método para la estimación del movimiento, y aparato de procesamiento de imagen provisto con tal unidad de estimación de movimiento.

5 La invención se relaciona con una unidad de estimación de movimiento para generar vectores de movimiento, que corresponde cada uno a un segmento respectivo de una primera imagen, que comprende unos primeros de suma para calcular un error de coincidencia de un vector de movimiento del segmento al sumar las diferencias absolutas entre los valores del pixel del segmento y los valores del pixel de la segunda imagen.

10 La invención se relaciona además con un método para generar vectores de movimiento, que corresponde cada uno a un segmento respectivo de una primera imagen, que comprende una primera etapa de suma de calcular un error de coincidencia de un vector de movimiento del segmento al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel de una segunda imagen.

La invención se relaciona además con un aparato de procesamiento de imagen que comprende:

15 - una unidad de estimación de movimiento para generar los vectores de movimiento, que corresponde cada uno a un segmento respectivo de una primera imagen, que comprende unos primeros medios de suma para calcular un error de coincidencia de un vector de movimiento del segmento al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel de la segunda imagen; y

- una unidad de procesamiento de imagen con movimiento compensado.

20 Una realización del método de la clase descrita en el párrafo de aperturas se conoce del artículo "True-Motion Estimation with 3D Recursive Search Block Matching" de G. de Haan et. al. en Transacciones IEEE en circuitos y sistemas para tecnología de video, vol. 3, No.5, Octubre 1993, paginas 368-379.

25 Para muchas aplicaciones en procesamiento de señal de video, es necesario conocer el campo de velocidad aparente de una secuencia de imágenes, conocida como el flujo óptico. El flujo óptico es dado como un campo del vector de tiempo variante, es decir, un campo de vector por imagen. En el citado artículo este campo del vector de movimiento se estima al dividir la imagen en dos bloques. Para un conjunto de vectores de movimiento candidatos de cada bloque se calcula un error de coincidencia y se utiliza un procedimiento de minimización para encontrar el vector de movimiento más adecuado del conjunto de vectores de movimiento candidatos del bloque. El error de coincidencia corresponde al SAD: suma de las diferencias de luminancia absolutas entre los pixeles en un bloque de una imagen, y los pixeles de un bloque de la siguiente imagen cambiada por el vector de movimiento:

$$SAD(x, y, d_x, d_y, n) := \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M |Y(x+i, y+j, n) - Y(x+d_x+i, y+d_y+j, n+1)| \quad (1)$$

30 Aquí (x, y) es la posición del bloque, (d_x, d_y) es un vector de movimiento, n es el número de imagen, N y M son el ancho y la altura del bloque, y $Y(x, y, n)$ es el valor de la luminancia de un pixel en la posición (x, y) en la imagen n .

35 El vector de movimiento estimado puede desviarse del vector de movimiento real, es decir, puede haber un error del vector de movimiento. El valor del SAD se puede solo utilizar en comparaciones, como una medida relativa. El SAD calculado no da una indicación confiable de la precisión del vector de movimiento, es decir, el error del vector de movimiento. Esto es un inconveniente del método de acuerdo con la técnica anterior.

Es un primer objeto de la invención suministrar una unidad de estimación de movimiento de la clase descrita en el párrafo de apertura que se dispone para calcular un error del vector de movimiento.

Es un segundo objeto de la invención suministrar un método de la clase descrita en el párrafo de apertura en la cual se calcula el error del vector de movimiento.

40 Es un tercer objeto de la invención suministrar un aparato para procesar imagen de la clase descrita en el párrafo de apertura que se dispone para calcular un error del vector de movimiento.

El primer objeto de la invención se logra porque la unidad de estimación de movimiento comprende además:

- unos segundos medios de suma para calcular un parámetro de varianza al sumar las diferencias absolutas entre los valores del pixel del segmento y los valores del pixel de la primera imagen; y

- unos medios de estimación para estimar un error del vector de movimiento al comparar un error de coincidencia con el parámetro de varianza.

5 Con los segundos medios de suma se puede calcular un parámetro de varianza el cual es una medida del nivel de detalle en el bloque. El bloque es un tipo de segmento. La estimación del movimiento para los segmentos de forma irregular es también muy común. La invención también es aplicable a segmentos de forma irregular. Si existe mucho detalle en el bloque, es decir, que resulte en un valor relativamente alto del parámetro de varianza, entonces el valor de error de coincidencia puede tener un valor relativamente alto también. Un valor relativamente bajo del parámetro de varianza en combinación con un valor relativamente alto del error de coincidencia indica que el vector de movimiento estimado podría ser erróneo.

15 Es una ventaja de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención que la unidad de estimación de movimiento suministre un error del vector de movimiento, porque existen aplicaciones donde uno está interesado en el valor del error del vector de movimiento. Por ejemplo, cuando el vector de movimiento es lo suficientemente bueno, no es necesario gastar tiempo en tratar de mejorarlo. La eficiencia y la consistencia del campo del vector se mejoran de esta manera. Un error del vector de movimiento también puede ser útil para estimar la calidad global del campo del vector de movimiento, para decidir cuándo utilizar las posiciones de retroceso, uno o más algoritmos sofisticados que generan más pocos artefactos. También se puede utilizar para encontrar bloques que tengan un traslape con los bordes del objeto, lo cual se puede manejar de una manera más adecuada.

20 Una idea relacionada se ha propuesto en la EP 0 549 681 B2 en la cual se describe una unidad del estimador de movimiento que opera en al menos cuatro imágenes para determinar un vector de movimiento. En esa especificación de patente se propone estimar los vectores de movimiento mediante la minimización de los errores de asignación que se calculan al dividir la diferencia entre los valores de los pixeles de imágenes subsecuentes mediante el así llamado gradiente. Este gradiente se calcula al tomar la raíz cuadrada de las diferencias cuadráticas. Las siguientes diferencias principales entre la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención y la unidad de estimación de movimiento descrita en la EP 0 549 681 B2 son:

25 - El parámetro de varianza y el error de coincidencia de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención se basan en la medición equivalente: una suma de las diferencias absolutas. En la unidad de estimación de movimiento descritas en la EP 0 549 681 B2 se calculan dos diferentes medidas: unas diferencias y una raíz cuadrada de las diferencias cuadráticas. La ventaja de utilizar dos veces una suma de las diferencias absolutas es que el error del vector de movimiento puede suministrar información cualitativa y aun cuantitativa acerca de la desviación y del vector de movimiento estimado del vector de movimiento real. Se han efectuado experimentos para probar esto. Los resultados de estos experimentos se describen a continuación en relación con las figuras 3 a figura 6. Otras ventajas de utilizar dos veces una suma de diferencias absolutas es que es menos intenso en cómputo.

35 - El parámetro de varianza se podría utilizar en la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención para la normalización de los errores de coincidencia de todos los vectores de movimiento candidatos. Son embargo esto no es necesario porque el parámetro de varianza es una constante para todos los vectores de movimiento candidatos de un segmento. Es suficiente si solamente el vector de movimiento estimado, es decir uno de todo el conjunto de vectores de movimiento candidatos, el error del vector de movimiento se calcula con el fin de determinar si el vector de movimiento estimado podría ser un valor apropiado del movimiento real. En la unidad de estimación de movimiento descrita en la EP 0 549 681 B2 se efectúa una normalización para todos los vectores de movimiento candidatos.

En una realización de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención, los segundos medios de suma se diseñan para calcular el parámetro de varianza al agregar:

45 - las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel del segundo segmento que corresponden al segmento que es cambiado al menos un pixel en una primera dirección; y

- las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel del tercer segmento que corresponden al segmento que es cambiado al menos un pixel en una segunda dirección,

la primera dirección es a través de la segunda dirección.

50 El propósito de la medición del parámetro de varianza es predecir la suma de las diferencias absolutas que resultan de una desviación conocida del vector de movimiento. En razón a que el vector de movimiento real no es conocido, se hace coincidir un segmento contra el ligeramente desplazado, es decir, cambiado, el segmento en la misma imagen. Como la dirección del error no es conocida, se efectúa el promedio en las dos direcciones. En otras

- palabras, al comparar las dos mediciones, es decir, el error de coincidencia con el parámetro de varianza, que son ambas una medición de una traslación, es posible derivar el error del vector de movimiento que se relaciona con la diferencia entre el vector de movimiento estimado, y el vector de movimiento real. El error de coincidencia se basa en la traslación de un bloque entre imágenes subsecuentes, y del parámetro de varianza se basa en la traslación de un bloque dentro de una imagen. El valor del cambio aplicado al bloque para calcular el parámetro de varianza está relacionado estocásticamente con el parámetro de varianza. La probabilidad de que, si el cambio aplicado al bloque para calcular el parámetro de varianza se incrementa, el parámetro de varianza también se incrementará, es relativamente grande. Con la ayuda del parámetro de varianza, se puede efectuar una declaración con relación a la distribución de los valores del error de coincidencia como una función del error del vector de movimiento.
- 5
- 10 En una modificación de la realización de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención, los segundos medios de suma se diseñan para agregar también diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel de un cuarto segmento que corresponden al segmento que es cambiado al menos un pixel en la primera dirección y al menos un pixel en la segunda dirección. La ventaja de ésta realización es que también las direcciones que son diagonales en la primera y segunda dirección se tienen en cuenta cuando la unidad de estimación de movimiento está en operación.
- 15
- Una realización de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención se diseña para generar el vector de movimiento del segmento que es un bloque de pixeles. Una ventaja de una unidad de estimación de movimiento basado en bloques de los pixeles es su simplicidad de diseño. Otra realización de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención se diseña para manejar los segmentos de forma irregular.
- 20 Una realización de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención se diseña para generar el vector de movimiento del segmento con base en los valores de luminancia como valores de pixel. La luminancia es una cantidad apropiada para la estimación del movimiento. Otra realización de la unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención se diseña para operar en valores de crominancia.
- El segundo objeto de la invención se logra por que el método comprende además:
- 25
- una segunda etapa de suma de calcular un parámetro de varianza al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel de la primera imagen; y
 - una etapa de estimación de estimar un error de vector del movimiento al comparar el error de coincidencia con el parámetro de varianza.
- El tercer objeto de la invención se logra porque la unidad de estimación de movimiento del aparato de procesamiento de imagen comprende además:
- 30
- unos segundos medios de suma para calcular un parámetro de varianza al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento y los valores de pixel de la primera imagen; y
 - unos medios de estimación para estimar un error del vector de movimiento al comparar el error de coincidencia con el parámetro de varianza.
- 35 Las modificaciones del aparato de procesamiento de imagen y las variaciones del mismo pueden corresponder a modificaciones y variaciones del mismo de la unidad estimadora de movimiento descrita. El aparato de procesamiento de imagen puede comprender componentes adicionales, por ejemplo, medios de recepción para recibir unas imágenes que representan señal y un dispositivo de exhibición para exhibir las imágenes procesadas. La unidad de procesamiento de imagen con movimiento compensado podría soportar uno o más de los siguientes tipos de procesamiento de imagen:
- 40
- Desentrelazado: el entrelazado es un procedimiento de difusión de video común para transmitir líneas de imágenes numeradas con pares e impares alternativamente. El Descentrelazado intenta restablecer la resolución vertical completa, es decir, hacer las líneas pares e impares disponibles simultáneamente para cada imagen;
 - Conversión: de una serie de imágenes de entrada originales se calcula una serie mayor de imágenes de salida. Las imágenes de salida están temporalmente localizadas entre dos imágenes de entrada originales; y
 - Reducción de ruido temporal
- 45

Estos y otros aspectos de la unidad de estimación de movimiento, del método y del aparato de procesamiento de imagen de acuerdo con la invención serán evidentes y serán elucidados con respecto a las ejecuciones y realizaciones descritas en lo sucesivo con referencia a los dibujos que la acompañan, en donde:

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una realización de la unidad de estimación de movimiento;

La Fig. 2 muestra esquemáticamente una realización del aparato de procesamiento de imagen;

La Fig. 3 muestra un histograma de los valores SAD de una secuencia de prueba utilizada en los experimentos para el VAR fijo de 1500, y el VE de 1 pixel junto con un mejor ajuste Gaussiano;

5 La Fig. 4A muestra la dependencia de μ como una función de VAR para VE=0, para una secuencia de prueba;

La Fig. 4B muestra la dependencia de σ como una función del VAR para VE=0, para una secuencia de prueba;

La Fig. 5A muestra la dependencia de μ como una función de VAR para VE=1, para una secuencia de prueba;

La Fig. 5B muestra la dependencia de σ como una función de VAR para VE=1, para una secuencia de prueba;

La Fig. 6 muestra la dependencia de α en $SAD \approx \mathcal{N}(\alpha VAR, \alpha VAR, 3.0)$ en VE, para una secuencia de prueba; y

10 Los correspondientes numerales de referencia tienen el mismo significado en todas las figuras.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una realización de la unidad de estimación de movimiento 100, que comprende:

- unos medios de generación 102 para generar un conjunto de vectores de movimiento candidatos de un segmento 116 en una primera imagen 118;

15 - unos primeros medios de suma 106 para calcular los errores de coincidencia de los vectores de movimiento candidatos del segmento 116 al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento 116 y los valores de pixel de la segunda imagen 120;

- unos segundos medios de suma 108 para calcular un parámetro de varianza al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento 116 y los valores de pixel de la primera imagen 118;

20 - unos medios de estimación 110 para estimar un error del vector de movimiento 130 al comparar un error de coincidencia particular con el parámetro de varianza; y

- unos medios de selección 104 para seleccionar un vector de movimiento particular 126 para el conjunto de vectores de movimiento candidatos sobre la base de los errores de coincidencia.

25 El ingreso de la unidad estimadora de movimiento 100 comprende imágenes y se suministra en un conector de entrada 112. La salida de la unidad estimadora de movimiento 100 son los campos del vector de movimiento, por ejemplo, 124 que comprende los vectores de movimiento de los segmentos, por ejemplo 116. La salida de la unidad estimadora de movimiento 100 se suministra en un conector de salidas 114. El comportamiento de la unidad estimadora de movimiento 100 es como sigue. Primero los medios de generación 102 generan un segmento 116, por ejemplo bloque de pixeles, un conjunto de vectores de movimiento candidatos. Entonces los primeros medios de suma 106 calculan para estos vectores de movimiento candidatos los errores de coincidencia. Entonces, los medios de selección 104 seleccionan un vector de movimiento particular 126 del conjunto de vectores de movimiento candidatos sobre la base de estos errores de coincidencia. Este vector de movimiento particular 126 se selecciona porque su error de coincidencia tiene el valor más bajo. Los segundos medios de suma 108 calculan el parámetro de varianza del segmento 116. Para el vector de movimiento particular 126 y opcionalmente para algunos otros

30 vectores de movimiento del conjunto candidato los errores del vector de movimiento, por ejemplo 130, se calculan con base en los errores de coincidencia y el parámetro de varianza. Un error del vector de movimiento, por ejemplo, 130 corresponde a la longitud del vector de diferencia entre el vector de movimiento real 128 y el vector de movimiento 126 utilizado para calcular el error de coincidencia. Estos errores del vector de movimiento, por ejemplo, 130 son ingresados para los medios de selección 104. Si el valor del error del vector de movimiento 130 del vector de movimiento particular 126 que es menor que un umbral predeterminado entonces el vector de movimiento particular 126 es asignado al segmento 116. Los medios de selección 104 se disponen para disparar los medios de generación 102 para generar un nuevo conjunto de vectores de movimiento candidatos si el valor del error del vector de movimiento 130 del vector de movimiento particular 126 es mayor que el umbral predeterminado. Los medios de selección 104 se forman mediante los medios de estimación 110 si los vectores de movimiento para los cuales los errores de los vectores de movimiento también han sido calculados, podrían ser candidatos apropiados para otros

45 segmentos.

El error de coincidencia que se calcula mediante los primeros medios de suma 106 corresponde al SAD. La suma de las diferencias de luminancia absoluta entre los pixeles en un bloque particular de una imagen, y los pixeles de un bloque en la siguiente imagen corresponden al bloque particular cambiado por el vector de movimiento:

$$SAD(x, y, d_x, d_y, n) := \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M |Y(x+i, y+j, n) - Y(x+d_x+i, y+d_y+j, n+1)| \quad (1)$$

- 5 Aquí (x, y) es la posición del bloque, (d_x, d_y) es un vector de movimiento, n es el número de imagen, N y M son el ancho y la altura del bloque, y $Y(x, y, n)$ es el valor de la luminancia de un pixel en la posición (x, y) en la imagen n .

- 10 El parámetro de varianza calculado por los segundos medios de suma 108 corresponden al VAR: suma de las diferencias de luminancia absoluta entre los pixeles en un bloque particular de una imagen, y los pixeles de un bloque en la misma imagen pero cambiada a una cantidad predeterminada de pixeles. Con el fin de definir el parámetro de varianza, se introdujo la función DIFF.

$$DIFF(x_1, y_1, x_2, y_2, n_1, n_2) := \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M |Y(x_1+i, y_1+j, n_1) - Y(x_2+i, y_2+j, n_2)| \quad (2)$$

Donde de nuevo N y M son el ancho y la altura del bloque. En términos de esta función, es decir, la sustitución de la Ecuación (2) en la Ecuación (1), el SAD se convierte en:

$$SAD(x, y, d_x, d_y, n) := DIFF(x, y, x+d_x, y+d_y, n, n+1) \quad (3)$$

- 15 El parámetro de varianza VAR se puede definir como sigue:

$$VAR(x, y) := \frac{1}{2} (DIFF(x, y, x+1, y, n, n) + DIFF(x, y, x, y+1, n, n)) \quad (4)$$

Esto da una expectativa del error de coincidencia SAD para el error del vector de movimiento de un pixel. En este caso el parámetro de varianza se basa en el promedio sobre dos direcciones diferentes.

Otra forma de calcular un parámetro de varianza es al tener en cuenta las direcciones diagonales también:

$$VAR4(x, y) := \frac{1}{4} \left(\begin{array}{l} DIFF(x, y, x+1, y, n, n) + \\ DIFF(x, y, x, y+1, n, n) + \\ DIFF(x, y, x+1, y+1, n, n)/\sqrt{2} + \\ DIFF(x, y, x+1, y+1, n, n)/\sqrt{2} \end{array} \right) \quad (5)$$

20

Otra manera de calcular un parámetro de varianza es al utilizar cambios mayores, por ejemplo, 2 pixeles:

$$VAR2(x, y) := \frac{1}{2} \left(\begin{array}{l} \frac{1}{2} DIFF(x, y, x+2, y, n, n) + \\ \frac{1}{2} DIFF(x, y, x, y+2, n, n) \end{array} \right) \quad (6)$$

El tamaño del cambio se relaciona con el tamaño del bloque. La medición VAR4 es dos veces más costosa que las otras. La medición VAR2 es menos sensible al ruido que la VAR.

- 25 La Fig. 2 muestra esquemáticamente elementos de un aparato de procesamiento de imagen 200 que comprende:

- medios de recepción 201 para recibir imágenes que representan una señal para ser exhibidos después de que se ha efectuado algún procesamiento. La señal puede ser una señal difundida recibida por una antena o cable pero también puede ser una señal proveniente de un dispositivo de almacenamiento como un VCR (Grabadora de Casete de Video) O un Disco Versátil Digital (DVD). La señal se suministra en el conector de entrada 206.

- una unidad estimadora de movimiento 100 tal como se describe en relación CON la Fig. 1;
- una unidad de procesamiento de imagen compensada al movimiento 202; y
- un dispositivo de exhibición 204 para exhibir las imágenes procesadas.

5 La unidad de procesamiento de imagen compensada en movimiento 202 soporta opcionalmente uno o más de los siguientes tipos de procesamiento de imagen:

- Desentrelazado: entrelazar es el procedimiento de difusión de video común para transmitir las líneas de imagen numeradas pares o impares alternativamente. El descentrelazado intenta restablecer la resolución vertical completa, es decir, hacer las líneas tanto pares como impares disponibles simultáneamente para cada imagen;
- 10 - Conversión: de una serie de imágenes de entrada originales se calcula una serie mayor de imágenes de salida. Las imágenes de salida están temporalmente localizadas entre dos imágenes de entrada originales; y
- Reducción del ruido temporal.

La unidad de procesamiento de imagen compensada en movimiento 202 requiere imágenes y vectores de movimiento como su entrada.

15 Se han llevado a cabo experimentos para investigar la relación entre el parámetro de varianza VAR, el error de coincidencia SAD, y el error del vector de movimiento VE. Con base en estos experimentos se adoptan hipótesis con relación a estas relaciones. Primero el VE y el VAR fueron tomados como variables independientes, y el SAD como variable dependiente. El segundo SAD y el VAR fueron tomados como variables independientes y el VE como una variable dependiente. Esta última relación es de mayor relevancia. Esto posibilita cualificar un vector de movimiento y aun cuantificar el error del vector de movimiento en cierta proporción. El resultado es que un vector de movimiento
20 estimado se puede categorizar como sigue:

- Un vector de movimiento estimado es sustancialmente igual al vector de movimiento real: $SAD < a * VAR$ con un número pequeño predeterminado.
- El vector de movimiento estimado se desvía aproximadamente en pixeles del vector de movimiento real, es decir, el tamaño del error del vector de movimiento aproximadamente es igual a e pixeles. Esto solo se puede indicar
25 mediante un rango de valores de los errores del vector de movimiento, por ejemplo $0 \leq e \leq 3$ pixeles: $SAD > b$, $(3/5)SAD / VAR < e$ [pixeles] con b algún umbral pequeño predeterminado.
- El vector de movimiento estimado es sustancialmente desigual al vector de movimiento real: $SAD > b$, $(3/5)SAD > 3 * VAR$.
- La diferencia entre el vector de movimiento estimado y el vector de movimiento real es desconocida: casos
30 restantes.

La configuración de estos experimentos fue como sigue. Para un número de secuencias de imágenes con movimiento simple, es decir ninguna o pocas oclusiones, el estimador del movimiento 3DRS de la técnica anterior se utilizó para converger con alta precisión, es decir, 0,25 pixeles. Para obtener una precisión de sub pixel se utilizó una interpolación bilineal. Los vectores de movimiento estimados se correspondieron con los vectores de movimiento
35 "reales". Entonces, los vectores "reales" se desplazaron una cantidad fija en direcciones arbitrarias. En otras palabras los vectores de movimiento "real" se adaptaron con el error del vector de movimiento. Los valores del SAD que corresponden a los vectores de movimiento resultante fueron entonces puestos en un histograma 2D contra el valor del VAR. Esto dio como resultado, experimentalmente, de que para el VE fijo y el VAR, la distribución de los valores SAD podría ser bien aproximada mediante una distribución Gaussiana. Esto parece soportarse para un VAR
40 arbitrario, y para un VE en el rango de 0 a 3 pixeles. Se utilizó un tamaño de bloque $N=M=8$ pixeles. La Fig. 3 muestra un histograma de valores SAD para una secuencia de prueba utilizada en los experimentos para un VAR fijo de 1500, y un VE de un pixel, junto con su mejor ajuste Gaussiano. Con base en los resultados experimentales se adoptó la hipótesis de que para el VE y el VAR fijos, la distribución de los valores SAD es bien aproximada a una distribución Gaussiana:

45
$$SAD \approx \mathcal{N}(\mu(VAR, VE), \sigma(VAR, VE)) \quad (7)$$

con la función de densidad de probabilidad dada por

$$A \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (8)$$

La dependencia de μ y σ sobre VAR y VE fue analizado mediante partes 1D con ajustes de mínimos cuadrados del histograma 2D a curvas Gaussianas. Las constantes de proporcionalidad de la dependencia lineal de μ y σ sobre VAR dependen claramente de VE. Estas constantes se estimaron para VE=0, 0,5, 1, 1,5, 2 y 3 pixeles. Parece que, en el rango de $0 \leq VE \leq 3$ pixeles, la dependencia de μ como función de VAR es muy lineal, mientras que la dependencia de σ sobre VAR inicia desviándose de una dependencia lineal cuando VE se vuelve mayor. Una dependencia lineal aun parece una aproximación razonable hasta aproximadamente VE=3 pixeles. Para VE= 0, las mediciones resultantes como una función de VAR han sido graficadas en la Fig. 4A y en la Fig. 4B. la Fig. 4A muestra la dependencia de μ como una función de VAR para VE=0, para una secuencia de prueba y la Fig. 4B muestra la dependencia de σ como una función de VAR para VE=0, para una secuencia de prueba. Nótese que las líneas no pasan a través del origen, que corresponde al SAD residual, aun para VE=0. Existen varias razones para esto: los errores del vector en el campo de movimiento "real", la precisión del vector del pixel 0,25 y los errores de interpolación del sub-pixel para nombrar tres. La Fig. 5A muestra la dependencia de μ como una función de VAR para VE=1, para una secuencia de prueba y la Fig. 5B muestra la dependencia de σ como una función de VAR para VE=1, para una secuencia de prueba.

En la Fig. 6 se muestra la dependencia de la constante de proporcionalidad α en $\mu = \alpha VAR$ sobre VE. Esta dependencia sobre VE es aproximadamente lineal en el rango $0 \leq VE \leq 3$ pixeles. Un ajuste de mínimos cuadrados produce:

$$\mu = (0.7 + 1.5VE)VAR \quad (9)$$

$$\sigma = (0.2 + 0.5VE)VAR \quad (10)$$

Esto se puede simplificar a $\sigma = \mu/3$.

De esta manera, la distribución de probabilidad condicional de los valores SAD dados VE y VAR ha sido derivada. Dados VAR y VE, el SAD se distribuye de acuerdo con la distribución de probabilidad

$$P(SAD = x | VE = e, VAR = v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{e,v}}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_{e,v})^2}{2\sigma_{e,v}^2}\right) \quad (11)$$

donde $\mu_{e,v} = (0,7 + 1,5e)v$ y $\sigma_{e,v} = \mu_{e,v}/3,0$.

Antes de esto se describe cómo el SAD depende de los valores independientes VE y VAR. En una unidad de estimación de movimiento de acuerdo con la invención el SAD y el VAR se pueden calcular directamente. Luego se describirá cómo el VE se puede estimar con base en el SAD y VAR. Utilizando la regla de Bayes, la distribución de probabilidad del VE dados SAD y VAR se puede computar:

$$P(VE = e | SAD = x, VAR = v) = \frac{P(SAD = x | VE = e, VAR = v)P(VE = e | VAR = v)}{P(SAD = x | VAR = v)} \quad (12)$$

En razón a que nada es conocido de la anterioridad sobre la distribución VE, se selecciona una distribución uniforme.

El rango relevante de pixeles es de 0 a 3 pixeles, así $P(VE = e | VAR = v) = 1/3$ si $0 \leq e \leq 3$ y 0 de otra forma. Los resultados de los experimentos indicaron que el SAD esperado se escala linealmente con VAR. En razón a que ningún otro es conocido anteriormente, se selecciona $P(SAD = x | VAR = v) = 1/cv$ si $0 \leq x \leq cv$, y 0 de otra forma, donde c es un factor de escalamiento arbitrario relativamente grande. Esto produce:

$$P(VE = e | SAD = x, VAR = v) = \frac{c}{3} \frac{v}{\sqrt{2\pi\sigma_{e,v}}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_{e,v})^2}{2\sigma_{e,v}^2}\right) \quad (13)$$

El valor de expectativa E(VE) y la desviación estándar SD(VE) de VE de acuerdo con estas distribuciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

SAD/VAR	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
E(VE)	0.4	0.5	1.2	1.9	2.5	3.0
SD(VE)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7

A través de un rango útil estos resultados se pueden resumir como

$$E(VE) \approx \frac{3 SAD}{5 VAR} \tag{14}$$

5 $SD(VE) \approx 0.7 \tag{15}$

10 Con la ecuación (14) el valor esperado de un error de vector de movimiento se puede estimar si los valores del parámetro de varianza VAR y el error de coincidencia SAD son conocidos. La ecuación (14) soporta los rangos tal como se indican en la tabla 1. Nótese que en la práctica uno agregaría un número pequeño a VAR para hacer la ecuación (14) menos sensible al ruido, y evitar la división por cero. El análisis esbozado anteriormente también se ha llevado a cabo para las mediciones VAR4 y VAR2 mencionadas anteriormente. Los resultados fueron muy similares.

15 Se debe notar que las realizaciones anteriormente mencionadas son ilustraciones en lugar del límite de la invención y que aquellos expertos en la técnica serán capaces de diseñar realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones finales. En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia colocado entre paréntesis no se debe considerar como limitante de la reivindicación. La palabra “que comprende” no excluye la presencia de elementos o etapas no listados en una reivindicación. La palabra “u” o “una” que precede un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. La invención se puede implementar por medio de hardware que comprende varios diferentes elementos y por medio de un ordenador programado adecuadamente. En las reivindicaciones unitarias enumerar varios medios, varios de estos medios pueden ser realizaciones por medio de uno y el mismo ítem de hardware.

20

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de estimación de movimiento (100) para generar errores de vector de movimiento, que comprende generar medios (102) para generar un conjunto de vectores de movimiento candidatos, cada conjunto corresponde a un segmento respectivo (116) de una primera imagen (118), que comprende unos primeros medios de suma (106) para calcular un error de coincidencia de un vector de movimiento candidato (126) del segmento (116) al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel de una segunda imagen (120), caracterizada por que comprende:
- unos segundos medios de suma (108) para calcular un parámetro al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel de un segmento adicional de la primera imagen (118), que además el segmento es cambiado una cantidad predeterminada de pixeles; y
 - unos medios de estimación (110) para estimar un error del vector de movimiento (130) al comparar el error de coincidencia con el parámetro.
2. Una unidad de estimación de movimiento (100) tal como se reivindicó en la reivindicación 1, caracterizada porque los segundos medios de suma (108) se designan para calcular el parámetro al agregar:
- las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel del segundo segmento (119) que corresponden al segmento (116) que son cambiadas al menos un pixel en una primera dirección; y
 - las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel del tercer segmento (115) que corresponden al segmento (116) que son cambiadas al menos un pixel en una segunda dirección, la primera dirección es cruzada a la segunda dirección.
3. Una unidad de estimación de movimiento (100) tal como se reivindicó en la reivindicación 2, caracterizada porque los segundos medios de suma (108) se diseñan para agregar también diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel de un cuarto segmento (117) que corresponden al segmento (116) que es cambiado al menos un pixel en la primera dirección y al menos un pixel en la segunda dirección.
4. Una unidad de estimación de movimiento (100) tal como se reivindicó en la reivindicación 1, caracterizada porque es diseñada para generar el vector de movimiento (126) del segmento (116), el segmento (116) es un bloque de pixeles.
5. Una unidad de estimación de movimiento (100) tal como se reivindicó en la reivindicación 1, caracterizada porque es diseñada para generar el vector de movimiento (126) del segmento (116) con base en los valores de luminancia como valores de pixel.
6. Un aparato de procesamiento de imagen (200) que comprende:
- una unidad de estimación de movimiento (100) tal como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente; y
 - una unidad de procesamiento de imagen compensada al movimiento (202)
7. Un aparato de procesamiento de imagen (200) tal como se reivindicó en la reivindicación 6, caracterizada porque la unidad de procesamiento de imagen compensada en movimiento (202) se diseña para reducir el ruido en la primera imagen (118).
8. Un aparato de procesamiento de imagen (200) tal como se reivindicó en la reivindicación 6, caracterizada porque la unidad de procesamiento de imagen compensada en movimiento (202) se diseña para des entrelazar la primera imagen (118).
9. Un aparato de procesamiento de imagen (200) tal como se reivindicó en la reivindicación 6, caracterizada porque la unidad de procesamiento de imagen compensada en movimiento (202) se diseña para efectuar una conversión.
10. Un método para generar errores de vector de movimiento que comprende generar un conjunto de vectores de movimiento candidatos, cada conjunto corresponde a un segmento respectivo (116) de una primera imagen (118), que comprende una primera etapa de suma de calcular un error de coincidencia de un vector de movimiento candidato (126) del segmento (116) al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel de una segunda imagen (120), caracterizada porque además comprende:

- una segunda etapa de suma de calcular un parámetro al sumar las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel de un segmento adicional de la primera imagen (118), cuyo segmento adicional se cambia una cantidad predeterminada de pixeles; y

5 - una etapa de estimación de estimar un error del vector de movimiento (130) al comparar el error de coincidencia con el parámetro.

11. Un método tal como se reivindicó en la reivindicación 10, caracterizada porque en la segunda etapa de suma el parámetro se calcula al agregar:

- las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel del segundo segmento (119) que corresponden a segmento (116) que son cambiadas al menos un pixel en una primera dirección; y

10 - las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel del tercer segmento (115) que corresponden al segmento (116) que se cambia al menos un pixel en una segunda dirección, con la primera dirección a través de la segunda dirección.

12. Un método tal como se reivindicó en la reivindicación 11, caracterizado porque en la segunda etapa también se agregan las diferencias absolutas entre los valores de pixel del segmento (116) y los valores de pixel de un cuarto segmento (117) que corresponden al segmento (116) que se cambia al menos un pixel en la primera dirección y al menos un pixel en la segunda dirección.

15

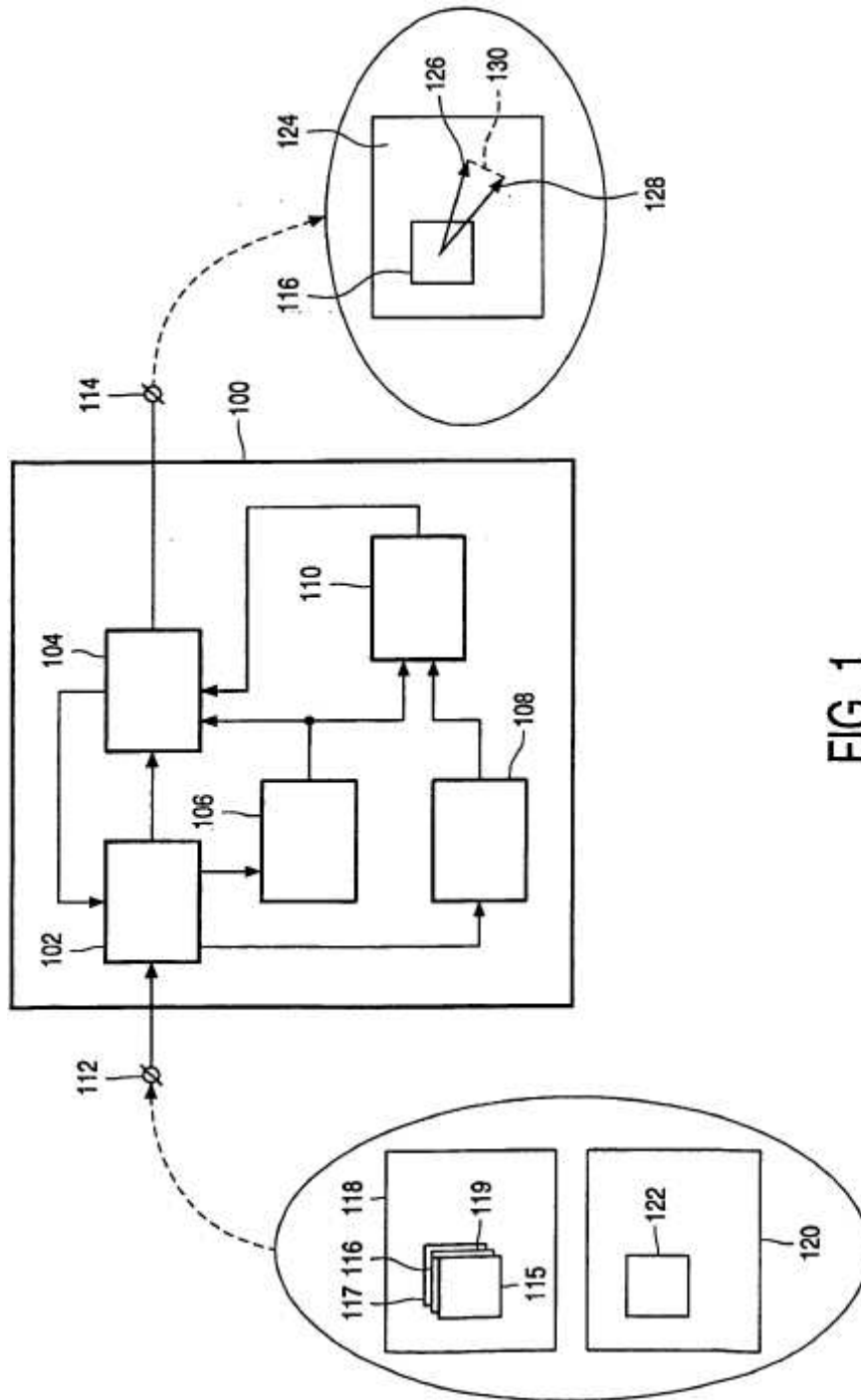


FIG. 1

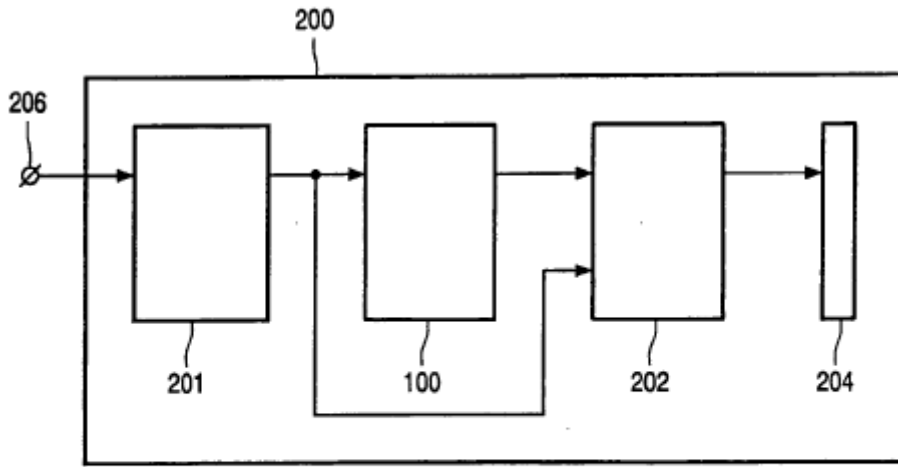


FIG. 2

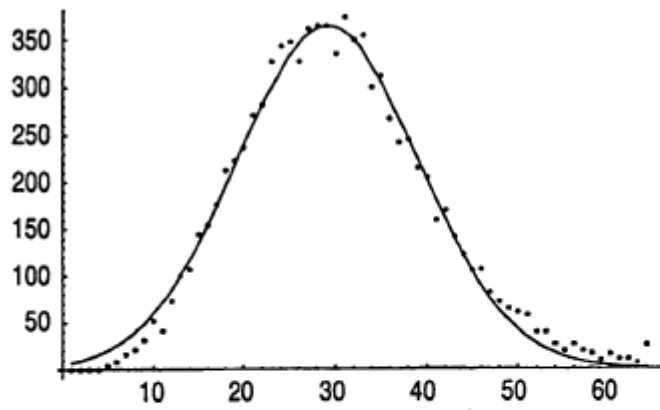


FIG. 3

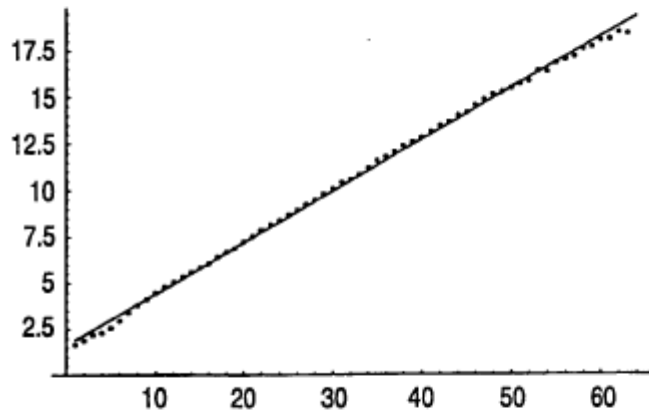


FIG. 4A

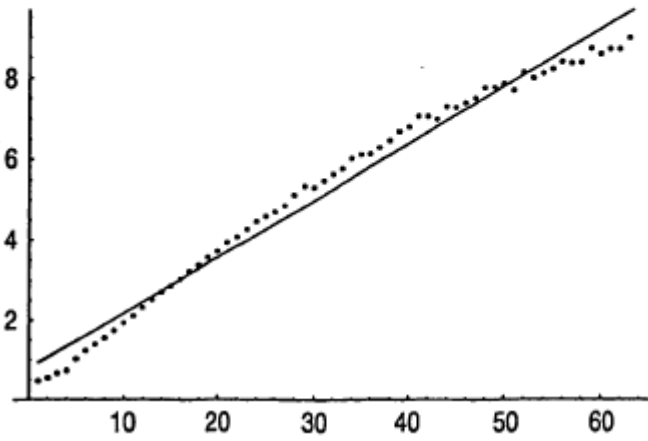


FIG. 4B

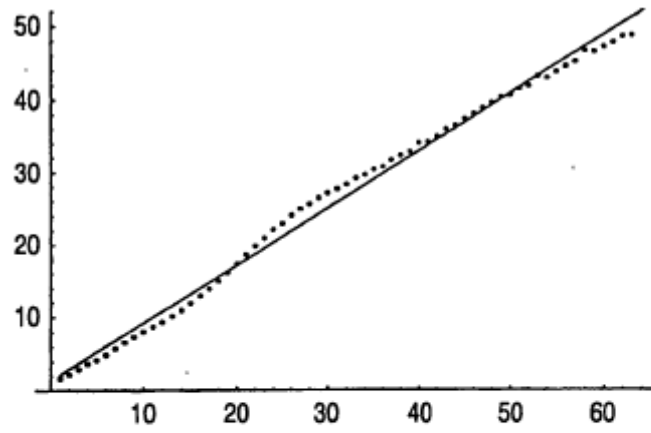


FIG. 5A

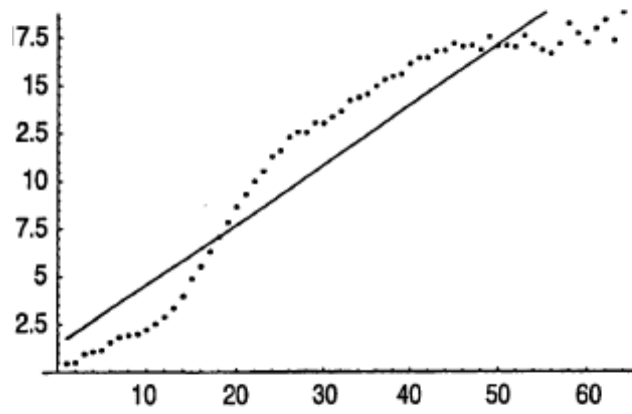


FIG. 5B

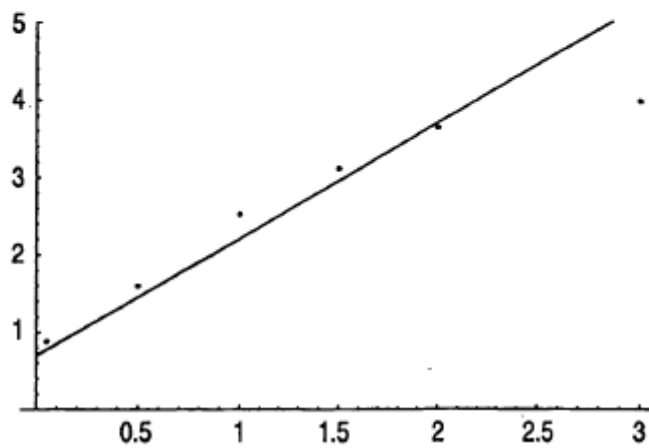


FIG. 6