

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 600**

51 Int. Cl.:

H04N 7/12	(2006.01)
H04N 19/63	(2014.01)
H04N 19/59	(2014.01)
H04N 19/587	(2014.01)
H04N 19/85	(2014.01)
G06F 17/14	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2015 PCT/US2015/040108**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16010880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2015 E 15822388 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2020 EP 3170306**

54 Título: **Compresión, descompresión y visualización de video multinivel para aplicaciones 4K y 8K**

30 Prioridad:

16.07.2014 US 201462025365 P
29.12.2014 US 201462097255 P
21.04.2015 US 201562150436 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2020

73 Titular/es:

YAMZZ IP BV (100.0%)
Kromzaad 1
4703 Roosendaal, NL

72 Inventor/es:

DECEGAMA, ANGEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 786 600 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

Compresión, descompresión y visualización de video multinivel para aplicaciones 4K y 8K

Campo de la invención

5 Esta solicitud se refiere a la compresión, transmisión, descompresión y visualización de vídeo. En particular, esta invención se refiere a nuevos dispositivos y métodos para el procesamiento previo y el procesamiento posterior de la información de video. Más particularmente, esta invención se refiere a dispositivos que incorporan compresión y descompresión implementada por ordenador utilizando métodos basados en la ondícula de Haar.

Antecedentes

10 Los sistemas de comunicaciones por vídeo se ven inundados por cantidades cada vez mayores de datos, y las técnicas actuales de compresión de vídeo apenas pueden seguir el ritmo de las crecientes demandas de los ordenadores, los sistemas de cable, los dispositivos móviles y las televisiones. En todo el mundo, hay un rápido aumento del tráfico de datos de vídeo a través de las redes de comunicaciones cableadas e inalámbricas que está agotando sus capacidades físicas con la correspondiente disminución de la calidad del servicio para millones de usuarios, especialmente ahora con la introducción de contenidos multimedia UHD 4K y 8K.

15 Una solución actual, aunque temporal, es proporcionar una inversión masiva en infraestructura, que incluye amplias redes de cable para servir a las ciudades y las zonas rurales. Sin embargo, dichos sistemas requieren una amplia infraestructura, inversión y tiempo. Por lo tanto, los proveedores de cable pueden, por razones comerciales, ser reacios a invertir enormes sumas de dinero en la instalación de la infraestructura de cable. Otra solución actual es la instalación de sistemas de fibra óptica para la distribución de contenidos de vídeo. Aunque los sistemas de fibra óptica pueden aumentar la cantidad de información en comparación con los sistemas de cable, los sistemas de fibra óptica sufren problemas similares de requerir una instalación, reparación y servicio extensos. Los proveedores de fibra pueden, por razones comerciales similares a las de los proveedores de cable, ser reacios a invertir las enormes sumas de dinero que se requieren para prestar servicios en zonas rurales o escasamente pobladas.

25 Además, aunque los sistemas de cable y fibra pueden mejorar la eficiencia, el coste de almacenar, transmitir y mostrar la información de video es bastante alto. Por lo tanto, otros sistemas actuales implican la utilización de códecs para comprimir el vídeo y otra información antes de la transmisión. Actualmente, se utilizan numerosos códecs de este tipo.

30 La solicitud de patente estadounidense US 2010/172419 A1 (DECEGAMA ANGEL [US]) del 8 de julio de 2010 (2010-07-08) describe un concepto para la compresión de una señal de vídeo que comprende las etapas del procesamiento previo de un vídeo mediante la reducción del tamaño del fotograma utilizando una transformada de ondículas de Haar, la compresión del vídeo procesado previamente utilizando códecs de vídeo conocidos tales como MPEG-4, H.264, VC-1 y el siguiente procesamiento posterior del vídeo decodificado utilizando una transformada de Haar inversa, mejorando de este modo varias veces la capacidad de compresión de video sin degradación de la calidad del vídeo.

Resumen

35 Aunque ha habido mejoras en la velocidad y la capacidad de los sistemas de cable y fibra, ambos sistemas están limitados por el nivel de compresión de los datos que se alimentan a través de ellos. A medida que los proveedores de contenido crean cada vez más tipos de información de vídeo, existe una necesidad urgente de proporcionar alternativas al procesamiento, transmisión y visualización convencionales de los contenidos de vídeo. Estos problemas se multiplican por la proliferación, en todo el mundo, de dispositivos móviles relativamente baratos, que incluyen los teléfonos móviles y los ordenadores portátiles, iPads®, ordenadores de sobremesa y similares. Los dispositivos móviles presentan un problema particularmente difícil para los sistemas convencionales de cable o fibra, y con la proliferación mundial de las comunicaciones inalámbricas, hay una necesidad urgente de alternativas.

40 Se presentan en este caso nuevas soluciones basadas en tecnología avanzada que permiten que la infraestructura de comunicaciones existente en un momento dado proporcione un servicio de alta calidad en un futuro lejano. Estas soluciones comprenden descripciones matemáticas de métodos que mejoran la capacidad de compresión de vídeo de cualquier códec varias veces sin que la calidad del vídeo producido por el códec se degrade por sí sola.

Contenido UHD 4K/8K

45 Las soluciones presentadas en la presente memoria también resuelven los problemas de generación de contenidos más allá de la resolución 1080p de alta definición (HD) para los nuevos televisores 4K de ultra alta definición (UHD) que están empezando a aparecer. Dichos televisores 4K normalmente utilizan el contenido 1080p de los discos Blu-ray existentes que se introducen en el televisor, que tiene la circuitería interna para "subir de nivel" (duplicar la resolución) de dicha entrada a 4K. Dependiendo de la calidad del televisor 4K, dicha subida de nivel utiliza técnicas simples tales como la replicación de píxeles y la interpolación matemática con la correspondiente pérdida de calidad visual con respecto a la verdadera resolución 4K.

50 Los nuevos enfoques presentados en la presente memoria abordan este problema de calidad para las personas y organizaciones interesadas. Aunque en la actualidad prácticamente no hay demanda de contenido 8K, las soluciones

presentadas en la presente memoria pueden crear contenido 8K a partir de contenido 4K con la misma precisión matemática demostrada, píxel por píxel.

Compresión del contenido 4K para el suministro por Internet

5 Netflix ha indicado que la transmisión en streaming de contenido 4K requerirá al menos 15Mbps. Las soluciones presentadas en la presente memoria pueden proporcionar contenido 4K para menos de 2 Mbps (en realidad alrededor de 1,5 Mbps en la mayoría de los casos). Utilizando los métodos y dispositivos presentados en la presente memoria, la resolución 1080p se puede suministrar a 1Mbps y el video de alta calidad para teléfonos inteligentes se puede suministrar a 0,15 Mbps.

Aplicaciones

10 Hay muchos tipos de aplicaciones de la nueva tecnología. Entre ellas se incluyen:

1. Los fabricantes de televisores 4K, donde la implementación del software se puede llevar a cabo utilizando hardware interno (tal como el reproductor Netflix en algunos modelos de televisores 4K);
2. Los fabricantes de portátiles 4K, incluyendo Toshiba, Lenovo, etc., donde es deseable un procesamiento rápido y eficiente utilizando un método rápido y eficiente implementado por ordenador;

15 3. Los fabricantes de decodificadores implementan los nuevos métodos y dispositivos:

- a. entre un reproductor de Blu-ray y un televisor 4K reduciendo el coste del televisor, y
- b. entre el decodificador de la compañía de cable y la TV 4K;

4. Los fabricantes de llaves electrónicas pueden hacer que la TV 4K se muestre de forma inalámbrica y que reciba video altamente comprimido desde cualquier lugar;

20 5. Los proveedores de contenido pueden reducir drásticamente los costes de suministro de video para la visualización 4K, así como para cualquier otra resolución, incluyendo Netflix, etc.

6. Los fabricantes de chips para decodificadores de cable y dispositivos de transmisión de vídeo en streaming para 60 fps que producen una importante reducción de costes, tales como STMicroelectronics, etc.

25 7. Los creadores de contenido pueden utilizar inmediatamente una resolución 1080p para controlar el coste del suministro de contenido 4K a los espectadores;

8. Las comunicaciones de video para usos personales y organizativos seguros;

9. Las aplicaciones gubernamentales; y

10. Las aplicaciones 8K.

30 Algunos aspectos de esta invención abordan el problema del rápido aumento del tráfico de datos de vídeo a través de las redes de comunicaciones cableadas e inalámbricas que está agotando sus capacidades físicas con la correspondiente disminución de la calidad del servicio. Con la introducción de contenidos multimedia 4K y 8K de ultra alta definición ("UHD"), las soluciones temporales disponibles en la actualidad han consistido en realizar inversiones masivas en infraestructura de cable, fibra óptica y otras tecnologías similares. Lamentablemente, dichas inversiones son muy costosas y perjudiciales para las personas que viven en la zona de las obras. Esos desarrollos de
35 infraestructura no son pertinentes para las personas que no tienen acceso a proveedores de cable fijo o fibra.

Recientemente, se han descrito determinados métodos implementados por ordenador utilizando la transformación de onduladas de Haar. Esas descripciones se pueden encontrar en las patentes de EE.UU. N.º 8.031.782, 8.503.543, la solicitud PCT N.º PCT/US2009/04879, la solicitud de patente de EE.UU. N.º 61/190.585 y la solicitud de patente de EE.UU. N.º 13/958.945.

40 Ahora se ha tomado un enfoque completamente nuevo para resolver el problema. Las nuevas soluciones se basan en la aplicación de novedosas etapas de procesamiento implementadas por ordenador basadas en nuevos principios matemáticos. Estas soluciones mejoran la capacidad de compresión de vídeo de cualquier códec varias veces sin degradar la calidad de vídeo producida por el códec por sí solo. El procesamiento que se realiza comprende la preparación de un fotograma de vídeo del archivo de vídeo original antes de pasarlo a un códec determinado. A
45 continuación, el códec procesa el fotograma recibido de la forma habitual para producir un archivo de vídeo comprimido mucho más pequeño que sin el procesamiento inicial. A continuación, el archivo de vídeo comprimido se puede almacenar y/o transmitir. Para la descompresión y la reproducción, el códec descomprime el fotograma de vídeo comprimido en su forma habitual y a continuación lo pasa a un dispositivo de procesamiento posterior que recrea un archivo de vídeo que, cuando se visualiza, tiene una calidad muy alta que es indistinguible de la producida por el códec
50 solo, sin utilizar las etapas de procesamiento previo y posterior, pero con una tasa de bits mucho mayor.

Breve descripción de las figuras

Esta invención se describe con referencia a formas de realización específicas de la misma. Con referencia a las Figuras, se pueden apreciar otras características de esta invención, en las cuales:

Las FIG. 1A - 1C muestran el procesamiento previo de video de acuerdo con una forma de realización.

5 La FIG. 1A muestra un fotograma original 100 mostrado en la parte superior que tiene columnas y filas de píxeles, algunos de los cuales están etiquetados. La transformación de ondículas se aplica según se muestra en la FIG. 1B.

La FIG. 1B muestra una forma de realización en la que se lleva a cabo una transformación de ondículas horizontal 110. La transformación de ondículas se aplica según se muestra en la FIG. 1C.

La FIG. 1C muestra una forma de realización en la que se realiza una transformación de ondículas vertical 120.

10 Las FIG. 2A - 2C muestran el procesamiento posterior de video de acuerdo con una forma de realización en la que se produce un único nivel de procesamiento previo y procesamiento posterior.

La FIG. 2A muestra la salida 200 de un decodificador de vídeo (pFrame In).

La FIG. 2B muestra un fotograma de vídeo 210 que ha sido descomprimido por filas utilizando la transformación de ondículas inversa ("IWT") (Img).

La FIG. 2C muestra el fotograma de vídeo 220 descomprimido por columnas (pFrame Out).

15 Las FIG. 3A - 3E muestran el procesamiento posterior de vídeo de acuerdo con una forma de realización en la que se producen dos niveles de resolución (compresión y descompresión).

La FIG. 3A muestra la salida 300 de un decodificador de video (pFrame In).

La FIG. 3B muestra un primer nivel de transformación de ondículas inversa (IWT) 310 por filas (Img).

La FIG. 3C muestra un primer nivel IWT 320 por columnas (Frame Out).

20 La FIG. 3D muestra el primer nivel IWT completado y la entrada en un segundo nivel IWT 330. (Entrada de fotograma = Salida de fotograma).

La FIG. 3E muestra un segundo nivel IWT 340 por filas (Img).

La FIG. 3F muestra un segundo nivel IWT 350 por columnas (pFrame Out), lo que da como resultado una resolución de dos niveles.

Descripción detallada

25 Definiciones

Según se utiliza en la presente memoria, el término "algoritmo" significa una descripción matemática de las etapas operacionales implementadas en un ordenador que se han programado de forma especial para llevar a cabo e implementar las etapas.

Los términos "uno" y "una" significan uno o más.

30 El término "que comprende" significa "que incluye, pero no se limita a".

El término "que consta de" significa "incluye y se limita a".

La expresión "compuesto esencialmente de" significa "incluye el elemento literal y los equivalentes del mismo".

35 El término "ordenador de propósito especial" significa un dispositivo informático programado para llevar a cabo e implementar etapas técnicas que incluyen el procesamiento previo, la compresión, la transmisión, la descompresión y la transmisión de acuerdo con la transformada de ondículas. Un ordenador de propósito especial también puede contener uno de varios códecs de vídeo actuales.

El término "HD" significa alta definición.

El término "HWT" significa transformada de ondículas de Haar.

El término "UHD" significa ultra alta definición.

40 El término "WT" significa transformada de ondículas

El término "IHWT" significa "transformada de ondículas de Haar inversa".

El término "transformación" significa la creación de una imagen de salida o una parte de la misma basada en una entrada.

5 El término "procesar previamente" significa un módulo informático programado de forma específica para llevar a cabo las etapas iniciales del proceso de acuerdo con la HWT, e incluye instrucciones programadas para comprimir un fotograma de vídeo utilizando la HWT.

Según se utiliza en la presente memoria, los términos "procesamiento previo del fotograma", "procesamiento previo del tamaño del fotograma" y "reducción del tamaño del fotograma" significan procesos en los que una imagen de vídeo o un fotograma de vídeo se reduce de tamaño de acuerdo con los aspectos de esta invención utilizando la HWT. Un fotograma producido de este modo se conoce también como un "fotograma reducido".

10 El término "procesador posterior" significa un módulo informático programado específicamente para llevar a cabo la descompresión de una muestra de vídeo transmitida utilizando la HWT inversa.

15 Según se utilizan en la presente memoria, los términos "procesamiento posterior del fotograma", "procesamiento posterior del tamaño del fotograma" y "expansión del fotograma" significan procesos por los que una imagen se expande de acuerdo con los métodos de esta invención utilizando la IHWT para producir una imagen de alta calidad. Un fotograma de este tipo también se puede denominar un "fotograma expandido". Se debe entender que "fotograma expandido" puede significar una imagen que ha sido expandida sin ningún "procesamiento previo", compresión codificada y descompresión por códec.

20 Según se utiliza en la presente memoria, el término "imagen de vídeo" tiene el mismo significado que "fotograma de vídeo", y el término "imagen" tiene el mismo significado que "fotograma" cuando se utiliza en el contexto de la información de vídeo.

El término "códec" se refiere a un método informático para codificar y decodificar información, y cuando se aplica a esta invención, se refiere a un gran número de tecnologías de codificación diferentes, incluyendo MPEG-4, H-264, VC-1, así como métodos basados en ondículas para la compresión/descompresión de vídeo descritas en la patente de EE.UU. N.º 7.317.840, cuyos contenidos se incorporan en la presente memoria por referencia.

25 El término "medio físico legible por ordenador" o "medio físico" según se aplica a un dispositivo de almacenamiento incluye disquetes, discos compactos (CD), cinta magnética, papel, unidad flash, tarjetas perforadas u otras formas de realización físicas que contienen instrucciones en las mismas que se pueden recuperar por un dispositivo informático e implementar utilizando un ordenador de propósito especial programado para funcionar de acuerdo con los métodos de esta invención.

30 Un "medio no físico legible por ordenador" o "medio no físico" significa señales que se pueden recibir electrónicamente mediante un sistema informático y se pueden almacenar e implementar por un procesador informático.

Procesamiento previo

35 Los métodos de procesamiento previo de esta invención pueden dar lugar a una reducción de tamaño para el fotograma de 1/4 para un nivel de transformación o 1/16 para dos niveles de transformación, y así sucesivamente. Esto se puede hacer para todos los fotogramas de una secuencia de vídeo determinada. A continuación, los fotogramas reducidos se utilizan para crear un nuevo archivo de vídeo, por ejemplo, en formato .avi. Se puede apreciar que también se pueden utilizar otros formatos de archivo, incluyendo por ejemplo, OG3, Asf, Quick Time, Real Media, Matroska, DIVX y MP4. Este archivo se introduce a continuación en cualquier códec disponible que se elija y se comprime mediante el códec siguiendo su procedimiento estándar hasta un tamaño que suele oscilar entre el 20% (un nivel de WT) y menos del 10% (dos niveles o más de WT) del tamaño comprimido obtenido sin la etapa de reducción del tamaño del fotograma. Dichos archivos se pueden almacenar y/o transmitir con un ahorro de costes muy significativo. Mediante una interfaz adecuada con el códec, dichos procedimientos se pueden llevar a cabo fotograma por fotograma en lugar de tener que crear un archivo intermedio.

45 La FIG. 1 muestra el procesamiento previo de vídeo de acuerdo con una forma de realización. La FIG. 1A muestra un fotograma original 100 mostrado en la parte superior que tiene columnas y filas de píxeles, algunos de los cuales están etiquetados: $y_0, y_1, y_2 \dots y_{n-1},$ e y_n . La transformación de ondículas de Haar se aplica según se muestra en la FIG. 1B, en la que se lleva a cabo la transformación de ondículas horizontal 110. Algunos píxeles se etiquetan: $y_0, x_0, x_1, x_2 \dots x_{n-1},$ y x_n . La transformación de ondículas de Haar se aplica según se muestra en la FIG. 1C, en la que se lleva a cabo la transformación de ondículas vertical 120. Algunos píxeles se etiquetan: $y_0, x_0, x_1, \dots x_{n-1},$ y x_n .

50 Procesamiento posterior

Para la descompresión de cada fotograma, se utiliza el códec en su forma normal y se obtiene un archivo (por ejemplo, en formato .avi) de un tamaño aproximadamente igual a 1/4 (un nivel de WT) o 1/16, 1/64, etc. (dos niveles o más de WT) del tamaño del archivo original sin comprimir. La etapa final es para generar un archivo en el que todos los fotogramas sean de tamaño completo y el tamaño del archivo sea el mismo que el del archivo original sin comprimir. 55 En la presente memoria se describen los métodos y sistemas para lograrlo sin pérdida de calidad con respecto a los fotogramas descomprimidos producidos por el códec sin la reducción inicial del tamaño del fotograma. Esta etapa se

puede realizar fotograma por fotograma sin producir el archivo intermedio, mejorando aún más la eficiencia del proceso.

5 La FIG. 2 muestra el procesamiento posterior de vídeo de acuerdo con una forma de realización en la que se produce un único nivel de procesamiento previo y procesamiento posterior. La FIG. 2A muestra la salida 200 de un decodificador de vídeo (pFrame In). La FIG. 2B muestra un fotograma de vídeo 210 que ha sido descomprimido por filas utilizando la transformación de ondículas de Haar inversa ("IHWT") (Img), y la FIG. 2C muestra el fotograma de vídeo 220 descomprimido por columnas (pFrame Out).

10 La FIG. 3 muestra el procesamiento posterior de vídeo de acuerdo con una forma de realización en la que se producen dos niveles de resolución (compresión y descompresión). La FIG. 3A muestra la salida 300 de un decodificador de vídeo (pFrame In). La FIG. 3B muestra un primer nivel de transformada de ondícula Inversa (IWT) 310 por filas (Img). La FIG. 3C muestra un primer nivel de IWT 320 por columnas (Frame Out). La FIG. 3D muestra una IWT de primer nivel completada y una entrada en una IWT de segundo nivel 330. (Frame In = Frame Out). La FIG. 3E muestra una IWT de segundo nivel 340 por filas (Img), y la FIG. 3E muestra una IWT de segundo nivel 350 por columnas (pFrame Out), dando como resultado una resolución de dos niveles.

15 Se puede apreciar que una serie de fotogramas se puede procesar previamente, comprimir, transmitir, descomprimir, procesar posteriormente y visualizar en tiempo real, produciendo de este modo un video de alta calidad, tal como una película o una emisión en directo. Dado que las etapas de procesamiento previo, compresión, descompresión y procesamiento posterior se pueden llevar a cabo muy rápidamente, un vídeo reproducido (por ejemplo, una película o una emisión en directo) se puede visualizar en tiempo real.

20 Se debe entender que la expansión de fotograma se puede aplicar a cualquier imagen de entrada, ya sea procesada previamente, comprimida con códec, expandida con códec o procesada de alguna otra manera para producir imágenes de vídeo de alta calidad de tamaños mayores que el tamaño de la imagen de entrada.

Descripción de aspectos

25 Los aspectos de esta invención se basan en las matemáticas de la transformada de ondículas (WT). Una forma de realización de la invención consiste en tomar una WT diezmada de un fotograma de vídeo determinado reducido en tamaño y contenido por uno o más niveles y retener sólo las partes de baja frecuencia en cada nivel. Las formas de realización de esta invención incluyen nuevos sistemas y métodos para disminuir la cantidad de espacio necesario para almacenar archivos electrónicos que contienen imágenes de vídeo.

30 Se debe entender que los aspectos y partes del misma descritas en la presente memoria se pueden utilizar con cualquier combinación, y en cualquier orden según sea apropiado, sin apartarse de la invención.

35 En determinadas formas de realización, un fotograma de un archivo de vídeo se procesa previamente mediante métodos y sistemas de esta invención utilizando la WT o la HWT para reducir su tamaño por factores de 4, 16, 64 o incluso más. A continuación, se aplica un códec de vídeo para comprimir adicionalmente el fotograma de tamaño significativamente reducido a fin de producir un archivo comprimido que sea significativamente más pequeño de lo que sería el archivo sin la utilización del procesamiento previo del fotograma. En algunas formas de realización, todos los fotogramas de un archivo de vídeo se pueden procesar de manera similar para producir un archivo comprimido o una serie de archivos comprimidos. A continuación, un archivo comprimido se puede almacenar y/o transmitir antes de la descompresión. En el procesamiento posterior, una etapa de procesamiento puede recuperar uno o más fotogramas de vídeo individuales a su tamaño original o más grande con alta calidad. Esto se logra mediante otro aspecto de la invención que se puede utilizar después de una etapa de descompresión del códec.

40 Por lo tanto, en determinados aspectos, esta invención proporciona un sistema o dispositivo para la compresión y descompresión de imágenes de vídeo, que comprende:

un primer módulo informático para el procesamiento previo de fotogramas de imágenes utilizando la transformación de ondículas directa (WT) o la transformación de ondículas de Haar (HWT);

45 un códec de vídeo;

un segundo módulo informático para el procesamiento posterior del fotograma de la imagen utilizando las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT y el primer o último pixel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT o la HWT y

un dispositivo de salida.

50 En otros aspectos, esta invención proporciona un sistema en donde un primer módulo informático comprende:

una memoria intermedia de entrada para almacenar un fotograma de imágenes de vídeo;

un dispositivo de memoria que almacena las instrucciones para el procesamiento previo del fotograma, en donde dichas instrucciones se basan en la WT o la HWT directa;

un procesador para implementar dichas instrucciones para el procesamiento previo del fotograma, y una salida.

En otros aspectos, esta invención incluye sistemas en donde dicho segundo módulo informático comprende:

una memoria intermedia de entrada;

- 5 un dispositivo de memoria que almacena las instrucciones para el procesamiento posterior del fotograma, en donde dichas instrucciones se basan en la utilización de las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT más el primer o último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT o la HWT;

un procesador para implementar dichas instrucciones para el procesamiento posterior del fotograma; y una salida.

- 10 En todavía otros aspectos, esta invención proporciona sistemas que comprenden además otro dispositivo de almacenamiento para almacenar un fotograma procesado posteriormente de dicha imagen de vídeo.

En otros aspectos, un sistema de esta invención incluye instrucciones para el procesamiento previo del fotograma utilizando la WT o la HWT diezmada y la retención de la parte de baja frecuencia de dicha WT diezmada y el descarte de la parte de alta frecuencia de la WT o la HWT diezmada.

- 15 En todavía otros aspectos, un sistema de esta invención incluye instrucciones para el procesamiento posterior del fotograma para recrear un fotograma procesado posteriormente utilizando las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT y el primer o último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT o la HWT y recrear la imagen de entrada utilizando la IWT o la IHWT.

- 20 En otros aspectos, un sistema de esta invención incluye instrucciones para el procesamiento posterior del fotograma para recrear un fotograma de tamaño completo procesado posteriormente utilizando las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT y el primer o último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT o la HWT.

En otros aspectos, esta invención proporciona un dispositivo informático integrado para el procesamiento previo de un fotograma de imágenes de vídeo, que comprende:

- 25 un módulo de almacenamiento informático que contiene instrucciones para el procesamiento previo de los fotogramas de acuerdo con la WT o HWT diezmada; y

un procesador para procesar dicha WT o HWT diezmada reteniendo las partes de baja frecuencia y desechando las partes de alta frecuencia.

En aspectos adicionales, esta invención proporciona un dispositivo informático integrado para el procesamiento posterior de un fotograma de imágenes de vídeo, que comprende:

- 30 un módulo de almacenamiento informático que contiene las instrucciones para el procesamiento posterior del fotograma utilizando las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT y el primer o último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT o la HWT; y

un procesador para procesar dichos cálculos para recrear una imagen de vídeo de tamaño completo.

En todavía otros aspectos, esta invención proporciona un medio legible por ordenador, que comprende:

- 35 un medio; e

instrucciones al respecto para procesar previamente un fotograma de vídeo utilizando la WT o la HWT.

En todavía aspectos adicionales, esta invención proporciona un medio legible por ordenador, que comprende:

un medio; y

- 40 instrucciones al respecto para procesar posteriormente un fotograma de vídeo reducido para recrear un fotograma de vídeo de tamaño original utilizando las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT más el primer o último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT.

En otros aspectos, esta invención proporciona un método y un dispositivo para la expansión del fotograma utilizando la IHWT sin procesamiento previo.

- 45 En todavía otros aspectos, esta invención proporciona un método y un dispositivo para la expansión del fotograma utilizando la IHWT sin procesamiento previo o la descompresión del códec.

En aspectos adicionales, esta invención proporciona un método y un dispositivo para la expansión del fotograma utilizando la IHWT sin procesamiento previo, compresión del códec o descompresión del códec.

En algunos de estos aspectos anteriores, un medio físico legible por ordenador es un disquete, un disco compacto (CD), una cinta magnética, un papel o una tarjeta perforada.

En aspectos de esta invención, se utiliza la WT de Haar.

5 En otros aspectos de esta invención se pueden utilizar las ondículas biortogonales o asimétricas Daubechies - 4, Daubechies - 6, Daubechies - 8.

10 Los sistemas de esta invención pueden proporcionar una reproducción de alta calidad de imágenes de vídeo en tiempo real. En algunos aspectos, los sistemas pueden proporcionar más del 50% de reducción del espacio de almacenamiento. En otros aspectos, los sistemas pueden proporcionar más del 50% de reducción en el coste de transmisión, con poca pérdida perceptible de calidad visual. En otros aspectos, los sistemas de esta invención pueden proporcionar una reducción del 70% al 80% de los costes de almacenamiento. En aspectos adicionales, los sistemas de esta invención pueden proporcionar una reducción del 70% al 80% en los costes de transmisión, con poca o ninguna pérdida perceptible de la calidad visual en comparación con la compresión, transmisión y descompresión del códec solamente.

15 En otros aspectos, esta invención proporciona un método para producir una imagen de vídeo de un objeto, que comprende las etapas:

- a. proporcionar un fotograma de imágenes digitalizadas de dicho objeto;
 - b. proporcionar una WT o HWT diezmada de dicho fotograma de imágenes digitalizadas;
 - c. desechar los componentes de alta frecuencia de dicha TW diezmada, produciendo de este modo un fotograma procesado previamente;
 - 20 d. comprimir dicho fotograma procesado previamente utilizando un códec de video produciendo un fotograma de video comprimido;
 - e. descomprimir dicho fotograma de video comprimido utilizando dicho códec; y
 - f. recrear una imagen de tamaño completo de dicho fotograma utilizando el procesamiento posterior utilizando las partes de baja frecuencia de la WT o la HWT y el último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT o la HWT.
- 25

En otros aspectos, un método de esta invención proporciona después de la etapa d anterior, una etapa de transmisión de dicha imagen comprimida a una ubicación remota.

En todavía otros aspectos, esta invención proporciona un método, que incluye además la visualización de dicha imagen de tamaño completo en un monitor de vídeo.

30 En algunos de estos aspectos, esta invención proporciona un método, que comprende además una etapa de procesamiento previo de segundo nivel.

En otros de estos aspectos, esta invención proporciona un método, que comprende además una etapa de segundo nivel y una etapa de tercer nivel de procesamiento previo.

35 En otros de estos aspectos, esta invención incluye un método, que comprende además una etapa de segundo nivel y una etapa de tercer nivel de expansión del tamaño del fotograma.

En determinadas formas de realización, esta invención incluye un método, en donde se selecciona un códec del grupo que consta de MPEG-4, H264, VC-1, H265 y DivX.

En otras formas de realización, esta invención incluye un método, en donde dicho códec es un códec basado en ondículas o cualquier otra clase de códec.

40 En determinados aspectos, los métodos de esta invención pueden proporcionar una reproducción de vídeo de alta calidad de imágenes de vídeo en tiempo real. En algunos aspectos, los métodos pueden proporcionar más del 50% de reducción del espacio de almacenamiento. En otros aspectos, los métodos pueden proporcionar más del 50% de reducción en el coste de transmisión, con poca pérdida perceptible de calidad visual. En otros aspectos, la reducción del espacio de almacenamiento puede ser de más del 70% al 80%, con poca reducción de la calidad de vídeo en comparación con la compresión, transmisión y descompresión del códec solamente.

45

Determinados aspectos incluyen un dispositivo informático para el procesamiento previo de un fotograma de imágenes de vídeo, que comprende:

una entrada;

50 un módulo de almacenamiento informático que contiene instrucciones para el procesamiento previo de un fotograma de vídeo recibido por dicha entrada de acuerdo con la WT de Haar diezmada;

un procesador para procesar dicha TW diezmada reteniendo las partes de baja frecuencia y desechando las de alta frecuencia; y

una salida; dichas instrucciones para el procesamiento previo incluyen las siguientes etapas:

- i. Para todas las filas i , almacenar un primer píxel en un primer elemento del fotograma original $W_0(i, 0)$ y calcular todos los valores de baja frecuencia de la HWT y almacenarlos en los fotogramas $W_0(i, j)$; y
- ii. para todas las columnas j de cada fotograma $W_0(i, j)$, almacenar el primer píxel en el primer elemento del fotograma $W(0, j)$ y calcular todos los valores de baja frecuencia de la HWT y almacenarlos en los fotogramas $W(i, j)$.
- 5 Aspectos adicionales incluyen un dispositivo informático para el procesamiento posterior de un fotograma de imágenes de vídeo, que comprende:
- una entrada;
- un módulo de almacenamiento informático que contiene instrucciones para el procesamiento posterior del fotograma utilizando las partes de baja frecuencia de una WT de Haar utilizando las siguientes etapas:
- 10 un procesador programado para llevar a cabo las siguientes etapas;
- i. para todas las filas i del fotograma $W_x(i, j)$, copiar la primera fila a $F_0(0, j) = W_x(0, j)$;
- ii. para todas las columnas j , calcular la siguiente fila $F_0(1, j) = 2*W_x(1, j) - F_0(0, j)$;
- iii. para todas las columnas j , calcular la siguiente fila $F_0(2, j) = (2*W_x(2, j) + F_0(1, j))/3$;
- 15 iv. para todas las columnas j , calcular la siguiente fila $F_0(3, j) = 2*W_x(2, j) - F_0(2, j)$;
- v. para todas las columnas j , calcular las filas subsiguientes de manera similar;
- vi. copiar la primera columna de $F_0(i, j)$ a $F(i, 0)$, $F(i, 0) = F_0(i, 0)$
- vii. para todas las filas i de $F_0(i, j)$, calcular las siguientes columnas
- $F(i, 1) = 2*F_0(i, 1) - F(i, 0)$;
- 20 $F(i, 2) = (2*F_0(i, 2) + F(i, 1))/3$;
- $F(i, 3) = 2*F_0(i, 2) - F(i, 2)$;
- viii. para todas las columnas $j > 3$, calcular las columnas subsiguientes de manera similar; y
- ix. almacenar los píxeles calculados.
- Otros aspectos incluyen un sistema de compresión y descompresión de imágenes de vídeo, que comprende:
- 25 un primer módulo informático para el procesamiento previo de fotogramas de imágenes de un aspecto previo;
- un códec de vídeo;
- un segundo módulo informático para el procesamiento posterior de un fotograma de imágenes de un aspecto previo; y
- un dispositivo de salida;
- 30 Dicho primer módulo informático, o dicho segundo módulo informático, es un aparato de procesamiento programable seleccionado del grupo que consta de ordenadores centrales, ordenadores de escritorio, ordenadores personales, ordenadores portátiles, ordenadores tableta, ordenadores inalámbricos y teléfonos celulares.
- Aspectos adicionales incluyen un medio legible por ordenador, que comprende:
- un medio físico; e
- 35 instrucciones al respecto para procesar previamente un fotograma de vídeo de acuerdo con un aspecto previo.
- Todavía aspectos adicionales incluyen un medio legible por ordenador, que comprende:
- un medio físico; e
- instrucciones al respecto para procesar posteriormente un fotograma de vídeo reducido de acuerdo con un aspecto previo.
- 40 Todavía aspectos adicionales incluyen un medio legible por ordenador de un aspecto previo, dicho medio seleccionado del grupo que consta de disquetes, discos compactos (CD), cinta magnética, papel, unidad flash, tarjetas perforadas, discos magnéticos, dispositivos de memoria flash extraíbles y memorias intermedias de almacenamiento del procesador del ordenador.

Además, los aspectos incluyen un sistema de un aspecto previo, comprendiendo dicho módulo de procesamiento posterior además dos filtros, para seleccionar del grupo que consta de Y, U, V, R, G, o B.

Aspectos adicionales incluyen un método para producir una imagen de vídeo de un objeto, que comprende las etapas:

- 5 a. proporcionar un fotograma de imágenes digitalizadas de dicho objeto y almacenar dicho fotograma de imágenes digitalizadas en un dispositivo de memoria de un procesador informático;
 - b. proporcionar una transformada de ondículas de Haar diezmada (WT) de dicho fotograma de imágenes digitalizadas;
 - c. desechar los componentes de alta frecuencia de dicha TW diezmada, produciendo de este modo un fotograma procesado previamente de acuerdo con las siguientes etapas;
 - 10 i. Para todas las filas i , almacenar un primer píxel en el primer elemento del fotograma original $W_0(i, 0)$ y calcular todos los valores de baja frecuencia de la HWT y almacenarlos en los fotogramas $W_0(i, j)$
 - ii. para todas las columnas j de cada fotograma $W_0(i, j)$, almacenar un primer píxel en el primer elemento del fotograma $W(0, j)$ y calcular todos los valores de baja frecuencia de la HWT y almacenarlos en los fotogramas $W(i, j)$
 - d. pasar cada fotograma $W(i, j)$ al códec de vídeo
 - 15 e. comprimir dicho fotograma procesado previamente utilizando un códec de vídeo, produciendo de este modo un fotograma de vídeo comprimido;
 - f. descomprimir dicho fotograma de vídeo comprimido utilizando dicho códec; y
 - g. recrear una imagen de tamaño completo de dicho fotograma utilizando el procesamiento posterior utilizando las partes de baja frecuencia de la WT y el último píxel de cada fila y columna de la imagen original antes de la WT
 - 20 llevando a cabo las siguientes etapas;
 - i. para todas las filas i del fotograma $W_x(i, j)$, copiar la primera fila a $F_0(0, j) = W_x(0, j)$;
 - ii. para todas las columnas j , calcular la siguiente fila $F_0(1, j) = 2 * W_x(1, j) - F_0(0, j)$;
 - iii. para todas las columnas j , calcular la siguiente fila $F_0(2, j) = 2 * W_x(2, j) - F_0(1, j) / 3$;
 - iv. para todas las columnas j , calcular la siguiente fila $F_0(3, j) = 2 * W_x(2, j) - F_0(2, j)$;
 - 25 v. para todas las columnas j , calcular las filas subsiguientes de manera similar;
 - vi. copiar la primera columna de $F_0(i, j)$ a $F(i, 0)$, $F(i, 0) = F_0(i, 0)$
 - vii. para todas las filas i de $F_0(i, j)$, calcular las siguientes columnas
- $$F(i, 1) = 2 * F_0(i, 1) - F(i, 0);$$
- $$F(i, 2) = (2 * F_0(i, 2) + F(i, 1)) / 3;$$
- $$30 \quad F(i, 3) = 2 * F_0(i, 2) - F(i, 2);$$
- viii. para todas las columnas $j > 3$, calcular las columnas subsiguientes de manera similar; y
 - h. visualizar el fotograma $F(i, j)$.

Todavía aspectos adicionales incluyen un método de un aspecto previo, que comprende una reducción del tamaño del fotograma de un único nivel.

- 35 Los aspectos adicionales incluyen un método de un aspecto previo, que comprende además un segundo nivel de reducción del tamaño del fotograma.

Todavía aspectos adicionales incluyen un método de un aspecto previo, que comprende además un tercer nivel de reducción del tamaño del fotograma.

- 40 Todavía aspectos adicionales incluyen un método de un aspecto previo, que comprende una expansión del tamaño del fotograma de un único nivel.

Todavía aspectos adicionales incluyen un método de un aspecto previo, que comprende además una expansión del tamaño del fotograma de un segundo nivel.

Todavía aspectos adicionales incluyen un método de un aspecto previo, que comprende además una expansión del tamaño del fotograma de un tercer nivel.

Aspectos adicionales incluyen un sistema según se describe en la presente memoria.

Todavía aspectos adicionales incluyen un método según se describe en la presente memoria.

Hay una multitud de aplicaciones para la compresión de vídeo en áreas tales como la seguridad, el aprendizaje a distancia, la videoconferencia, el entretenimiento y la telemedicina.

5 Descripción de las formas de realización

Las descripciones y ejemplos que siguen tienen por objeto ilustrar aspectos de esta invención y no pretenden limitar el alcance de la invención. Los expertos en la técnica pueden utilizar las descripciones y enseñanzas de la presente memoria para crear otras formas de realización. En una forma de realización, la descripción general incluye la programación de acuerdo con los diagramas de flujo, o pseudocódigo, o el código fuente descrito en la presente memoria. Por lo tanto, dichas formas de realización representan sólo formas de realización específicas para llevar a cabo la invención. De forma más general, las descripciones matemáticas descritas en la presente memoria representan numerosas bases para lograr, en esencia, la misma función, en esencia, con las mismas maneras de llevar a cabo la invención para lograr, en esencia, el mismo resultado. Las formas adicionales de implementar las fórmulas matemáticas distintas de los diagramas de flujo descritos, o el pseudocódigo descrito, o el código fuente descrito se consideran cada una como formas equivalentes de llevar a cabo la invención. Cada una de esas formas de realización y sus equivalentes se consideran parte de esta invención.

Descripción general de una forma de realización

Se han desarrollado aplicaciones e implementaciones OpenCL/GPU de los métodos matemáticos asistidos por ordenador. Los detalles de alto nivel de las etapas programadas de un ejemplo de una implementación de este tipo son las siguientes:

A. Procesamiento previo de vídeo

1. Reducir el tamaño del fotograma horizontalmente:

Por cada fila guardar el primer píxel y_0 y la HWT de baja frecuencia de todos los píxeles.

2. Reducir el tamaño del fotograma verticalmente:

25 Para cada columna del fotograma alargado resultante, guardar el primer píxel y_0 y la HWT de baja frecuencia de todos los píxeles.

Estas etapas se pueden repetir para obtener más niveles de reducción, pero un nivel es adecuado para muchos usos. Se puede apreciar que las dos etapas anteriores de procesamiento previo se pueden llevar a cabo en cualquier orden.

B. Procesamiento posterior de vídeo

30 1. Obtener los componentes de baja frecuencia de la HWT intermedios de los fotogramas descomprimidos del códec según se indica en la sección diferentes versiones de métodos para la velocidad de fotograma deseada.

2. Aumentar el tamaño del fotograma verticalmente:

35 Para cada fila de los fotogramas obtenidos en la etapa 1 calcular los píxeles de las dos filas siguientes del fotograma de mayor resolución aplicando las fórmulas de los métodos descritos, es decir, por ejemplo, a partir de y_1 obtenemos y_2 e y_3 con $y_2 = ((2x_1 + y_1)/3)$ e $y_3 = 2x_1 - y_2$, donde y_1 , y_2 e y_3 corresponden a los píxeles de cada columna que se mueven a lo largo de las tres filas. Todas dichas filas se pueden calcular simultáneamente en paralelo en cualquier arquitectura moderna heterogénea que involucre una CPU anfitrión y una tarjeta de vídeo GPU multiparalela tal como la tarjeta NVIDIA GTX980 que se puede programar utilizando OpenCL/CUDA.

3. Aumentar el tamaño del fotograma horizontalmente:

40 Para cada fila del fotograma de mayor resolución alargado resultante, calcular los píxeles de las dos columnas del fotograma de mayor resolución que siguen a un píxel previamente calculado. Por ejemplo, de y_1 obtenemos $y_2 = ((2x_1 + y_1)/3)$ e $y_3 = 2x_1 - y_2$, de y_2 obtenemos $y_4 = ((2x_2 + y_3)/3)$ e $y_5 = 2x_2 - y_4$ y así sucesivamente, moviéndonos a lo largo de los píxeles de cada fila. Todas las filas se pueden hacer simultáneamente en paralelo en una arquitectura de hardware con una CPU anfitrión y una GPU que conste de una tarjeta gráfica de vídeo multiparalela utilizando, como en la etapa 2, programación OpenCL/CUDA.

45 Se puede apreciar que las dos etapas anteriores de procesamiento posterior se pueden llevar a cabo en cualquier orden.

Compresión de vídeo multinivel, descompresión con aplicaciones a HD y UHD

50 Los principios o formas matemáticas detrás de los métodos presentados en la presente memoria son los de la transformada de ondículas (WT) o la transformada de ondículas de Haar (HWT). Esto es importante porque se ha

demostrado que los seres humanos utilizan los conceptos básicos de la WT para procesar en sus cerebros toda la información sensorial, especialmente la información visual que requiere enormes cantidades de compresión. Dicha compresión implica el descarte de todos los datos que son irrelevantes desde el punto de vista de la percepción humana.

- 5 Dichos nuevos métodos de procesamiento previo y posterior de datos de vídeo a utilizar con cualquier códec de vídeo determinado sin modificar el códec en modo alguno son la base de los extraordinarios resultados típicos mostrados en la siguiente Tabla 1 para vídeo HD y UHD.

Tabla 1: Mejora de las capacidades de compresión del códec de vídeo

(Sin pérdida de calidad de vídeo para ningún códec determinado)

10

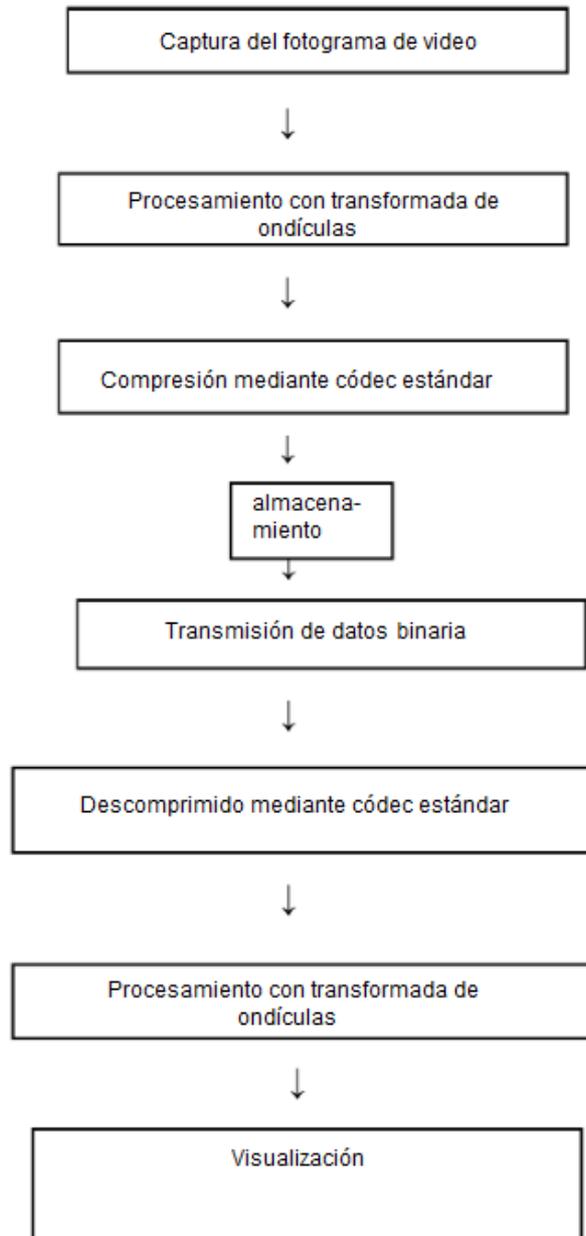
Resultados típicos de MPEG-4. H-264. VC-1

Vídeo	Tasa de bits HD 1080p	Tasa de bits UHD 4K
Películas	1 Mbps	1,5 Mbps
Naturaleza	1 Mbps	1,5 Mbps
Deportes	1,1 Mbps	1,75 Mbps

Estos resultados indican que esta tecnología puede reducir sustancialmente los costes actuales de almacenamiento y transmisión de vídeo de alta calidad, incluyendo el vídeo de alta definición y ultra alta definición. Además, la infraestructura existente se puede utilizar para aumentar significativamente el número de clientes de pago sin degradación de la calidad del servicio.

15

Estos importantes resultados de mejora empresarial se pueden lograr sin perturbar los códecs que actualmente utiliza cualquier organización. Todo lo que se requiere es la inserción de los módulos de procesamiento previo y procesamiento posterior de esta tecnología en la secuencia de procesamiento existente, según se muestra en el siguiente diagrama.



Descripciones de métodos programables implementados por ordenador

5 Las descripciones que figuran a continuación representan formas de utilizar la transformada de ondículas de Haar (HWT) para lograr unos mejores procesamiento previo y procesamiento posterior. Los fotogramas de vídeo del vídeo original sin comprimir se procesan previamente antes de pasarlos a cualquier códec de vídeo que se utilice para la compresión de vídeo adicional. El procesamiento previo consiste en tomar los componentes de baja frecuencia de la HWT de cada fotograma de vídeo primero horizontalmente por filas y a continuación verticalmente por columnas de los píxeles del fotograma (FIG. 1A - 1C). Alternativamente, se pueden tomar los componentes de baja frecuencia de la HWT de cada fotograma de vídeo primero verticalmente por columnas y a continuación horizontalmente por filas de los píxeles del fotograma

10 El códec de vídeo determinado comprime a continuación, fotograma por fotograma, el vídeo compuesto por los fotogramas procesados previamente para su almacenamiento o transmisión y a continuación descomprime dichos fotogramas que ahora están muy cerca de los fotogramas procesados previamente antes del códec. A continuación, los métodos procesan posteriormente los fotogramas recibidos del decodificador y producen fotogramas para su visualización que son visualmente indistinguibles de los fotogramas de vídeo originales (FIG. 2A - 2C y 3A-3E).

15 Tomando una fila o columna específica antes del procesamiento posterior final antes de la visualización de los fotogramas de vídeo, tiene la siguiente estructura.

$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, donde

$$x_0 = \frac{y_0 + y_1}{2},$$

$$x_1 = \frac{y_2 + y_3}{2},$$

$$x_2 = \frac{y_4 + y_5}{2},$$

5 .
.
.

$$x_n = \frac{y_{2n} + y_{2n+1}}{2}, \text{ donde } y_i \text{ s representa valores de píxeles}$$

El objetivo del procesamiento posterior es recuperar los píxeles originales $y_0, y_1, y_2, y_3, \dots, y_{2n}, y_{2n+1}$

10 A partir de los valores x . Si tuviéramos los componentes de alta frecuencia de la HWT, dichos píxeles se podrían recuperar exactamente. Este método hace precisamente eso. En primer lugar, tenemos:

$$y_1 = 2x_0 - y_0 \text{ y}$$

$$x_1 = (y_2 + y_3)/2 \text{ que define el componente de baja frecuencia de la HWT}$$

$$H_1 = (y_2 - y_3)/2 \text{ que define el componente de alta frecuencia de la HWT. Entonces,}$$

15 $y_2 + y_3 = 2x_1$ e $y_2 - y_3 = 2H_1$

Sumando estas dos ecuaciones, obtenemos:

$$2y_2 = 2x_1 + 2H_1$$

Restándolas, obtenemos:

$$2y_3 = 2x_1 - 2H_1$$

20 Para encontrar H_1 , definimos primero una aproximación de y_2 , que es

$$(y_2)' = x_1 + \frac{y_1 - (y_2)'}{2},$$

$$\text{En lugar de la WT inversa exacta, que es: } y_2 = x_1 + H_1 = x_1 + \frac{y_2 - y_3}{2},$$

Tenemos la aproximación anterior:

$$(y_2)' = x_1 + \frac{y_1 - (y_2)'}{2},$$

25 que da $3(y_2)' - 2x_1 = y_1$.

$$\text{Entonces } (y_2)' = \frac{2x_1 - y_1}{3}$$

Dado que el valor real de y_2 viene dado por $y_2 = x_1 + \frac{y_2 - y_3}{2}$, podemos obtener y_2 de $(y_2)'$ mediante:

$$y_2 = (y_2)' - \frac{y_1}{2} + y_2 + \frac{y_3}{2}$$

$$= (y_2)' - \frac{y_1}{2} + y_2 - \frac{2x_1 - y_2}{2}$$

30 $= (y_2)' - \frac{y_1}{2} + \frac{3y_2 - 2x_1}{2}$, que da

$$2y_2 = 2(y_2)' - y_1 + 3y_2 - 2x_1$$

y

$$y_2 = 2x_1 + y_1 - 2(y_2)' = 2x_1 + y_1 - 2 \frac{(2x_1 - y_1)}{3}$$

Simplificando obtenemos

$$y_2 = \frac{y_1}{3} + \frac{(2x_1)}{3}$$

y el valor real de:

$$y_2 = \frac{2x_1 - y_1}{3} \text{ que confirma la elección de la estimación inicial. Por consiguiente, } y_3 = 2x_1 - y_2$$

5 Por lo tanto, dado y_1 , podemos calcular el componente H1 de la WT de Haar de alta frecuencia de y_2 e y_3 que se obtiene de

$$y_2 = x_1 + H1 \text{ e } y_3 = x_1 - H1$$

$$\text{donde } H1 = \frac{y_2 - y_3}{2} \text{ y } x_1 = \frac{y_2 + y_3}{2}$$

$$\text{También, } H1 = y_2 - x_1 \text{ que, basado en el resultado anterior, se convierte en } H1 = \frac{2x_1 - y_1}{3} - x_1 = \frac{y_1 - x_1}{3}$$

10 Por lo tanto, podemos obtener los valores reales de los píxeles y_i 's de cualquier fila o columna de un fotograma de vídeo dado a partir de sus valores de la WT de Haar de baja frecuencia con un método eficiente basado en los valores de los píxeles precedentes.

Si tenemos y_1 descrito a continuación, entonces obtenemos

$$y_2 = (2x_1 + y_1)/3,$$

$$y_3 = 2x_1 - y_2,$$

$$15 \quad y_4 = \frac{(2x_2 - y_3)}{3},$$

$$y_5 = 2x_2 - y_4,$$

$$y_6 = \frac{(2x_3 - y_5)}{3},$$

$$y_7 = 2x_3 - y_6,$$

20 .

etc.

Con respecto a y_1 , se calcula a partir de y_0 el primer píxel $y_1 = 2x_0 - y_0$ y el primer componente de la WT de Haar de baja frecuencia de la fila o columna correspondiente, y_0 está dado porque fue guardado del fotograma original.

25 El cálculo de los valores PSNR de los fotogramas de vídeo descomprimidos con los métodos verifican la precisión de este algoritmo. Dichos resultados PSNR se presentan a continuación.

Diferentes versiones de los métodos

Los fotogramas de resolución final se pueden calcular según se indica a partir del primer píxel de cada fila y columna y la WT de Haar de baja frecuencia de cada fila y columna. Se puede hacer una etapa adicional para obtener diferentes valores para el número de fotogramas por segundo (fps).

30 Si los fps del video de entrada original son aceptables, no son necesarias etapas adicionales. Si se desean fps más altos para mejorar la calidad de vídeo percibida de los vídeos de movimiento rápido, entonces es necesario una etapa de procesamiento adicional para generar los fps correspondientes.

Dicha etapa de procesamiento consiste en calcular fotogramas intermedios con componentes de la HWT de baja frecuencia entre fotogramas consecutivos dados.

35 **1.** tasa de fotogramas doble: Dados dos fotogramas consecutivos conocidos con x_i 's específicas en la misma ubicación del fotograma, por ejemplo, x_1 y x_2 , el componente de baja frecuencia de la HWT, y_1 , del fotograma intermedio en dicha ubicación del fotograma se puede obtener utilizando la siguiente expresión:

$$y_1 = ((x_2 - x_1)/2) + x_1,$$

40 aplicando a continuación los métodos descritos para el fotograma de mayor resolución de los nuevos valores HWT del fotograma intermedio en cada fila y columna.

2. tasa de fotogramas triple: De manera similar, se pueden añadir dos fotogramas intermedios más entre dos fotogramas consecutivos con x_i 's específicas en cada ubicación de fotograma, dado que, por ejemplo, los valores x_1 y x_2 originales de la ubicación del fotograma específico se obtienen utilizando la siguiente expresión:

$$y_1 = ((x_2 - x_1)/3) + x_1 \text{ e } y_2 = x_2 - ((x_2 - x_1)/3)$$

5 3. tasa de fotogramas cuádruple: De manera similar, se pueden añadir tres fotogramas más con valores y_i entre dos fotogramas consecutivos con valores x_i , por ejemplo x_1 y x_2 en una ubicación del fotograma específica se obtienen utilizando la siguiente expresión:

$$y_1 = ((x_2 - x_1)/4) + x_1, y_2 = ((x_2 - x_1)/2) + x_1, y_3 = x_2 - ((x_2 - x_1)/4)$$

.

10 .

.

y así sucesivamente.

Esta versión del método fue ampliamente probada y se verificó su eficiencia de cálculo y la calidad deseable del video procesado posteriormente.

15 Pseudocódigo para el procesamiento de video utilizando la transformada de ondículas de Haar

A. Procesamiento previo

El pseudocódigo que sigue representa un ejemplo de aplicación de una forma matemática de vídeo con procesamiento previo.

Para todas las filas i

20 {

Almacenar el primer pixel en el primer elemento del fotograma original $W_0(i, 0)$ y calcular todos los valores de baja frecuencia de la HWT y almacenarlos en los fotogramas $W_0(i, j)$

}

Para todas las columnas j de cada fotograma $W_0(i, j)$

25 {

almacenar el primer pixel en el primer elemento del fotograma $W(0, j)$ y calcular todos los valores de baja frecuencia de la HWT y almacenarlos en los fotogramas $W(i, j)$

}

Pasar cada fotograma $W(i, j)$ al códec de vídeo

30 **B. Procesamiento posterior**

El pseudocódigo que sigue representa un ejemplo de aplicación de una forma matemática de vídeo con procesamiento posterior.

Recibir el fotograma descomprimido $W(i, j)$ del códec de vídeo. Generar fotogramas intermedios $W_x(i, j)$ a partir de fotogramas $W(i, j)$ consecutivos si es necesario para la velocidad de fotogramas deseada

35 Parar todas las filas i del fotograma $W_x(i, j)$

{

Copiar la primera fila a $F_0(0, j) = W_x(0, j)$

Para todas las columnas j

{

40 Calcular la siguiente fila $F_0(1, j) = 2*W_x(1, j) - F_0(0, j)$

}

Para todas las columnas j

```

{
  Calcular la siguiente fila  $F_0(2, j) = (2*W_x(2, j) - F_0(1, j))/3$ 
}
Para todas las columnas j
5 {
  Calcular la siguiente fila  $F_0(3, j) = 2*W_x(2, j) - F_0(2, j)$ 
}
Para todas las columnas j
{
10 Calcular las filas subsiguientes de manera similar
}
}
Copiar la primera columna de  $F_0(i, j)$  a  $F(i, 0)$ 
 $F(i, 0) = F_0(i, 0)$ 
15 Para todas las filas  $i$  de  $F_0(i, j)$ 
{
  Calcular las siguientes columnas
   $F(i, 1) = 2*F_0(i, 1) - F(i, 0)$ 
   $F(i, 2) = (2*F_0(i, 2) - F(i, 1))/3$ 
20  $F(i, 3) = 2*F_0(i, 2) - F(i, 2)$ 
  para todas las columnas  $j > 3$ 
  {
    Calcular las columnas posteriores de manera similar
  }
25 }

```

Mostrar el fotograma $F(i, j)$ en el televisor.

Niveles de transformación y rango de compresión

30 Al aumentar los niveles de procesamiento previo y procesamiento posterior en un nivel más, la relación de compresión se puede duplicar con cada aumento del número de niveles. Por ejemplo, con 2 niveles, la compresión para HD 1080p se reduce a 0,5 Mbps y a menos de 1 Mbps para UHD 4K. La calidad del vídeo no sufre ninguna pérdida perceptible.

Eficiencia de implementación

35 Todas las novedades de los resultados de la compresión de vídeo presentadas en la presente memoria fueron obtenidas con estructuras de cálculo digitales paralelas utilizando 64 bits/píxel correspondientes a 16 bits/palabra (componente de color). Esta es la razón por la que la calidad del video procesado posteriormente obtenida de la precisión de los cálculos es tan alta.

Aplicaciones a video UHD 4K y 8K

40 Actualmente hay una falta de contenido 4K y 8K debido a los requisitos de cálculo y almacenamiento. Sin embargo, las presentes descripciones pueden generar dicho contenido con la calidad adecuada considerando los métodos de procesamiento posterior descritos para 4K, por ejemplo. Hemos visto que, en la etapa de procesamiento posterior final, comenzamos con HD 1080p con fotogramas de tamaño 1920 x 1080 que se considera que son los componentes de baja frecuencia de la WT de Haar de los fotogramas 4K de tamaño 3840 x 2160. Los métodos descritos en la presente memoria calcularon con precisión los píxeles 4K a partir de su WT de Haar de baja frecuencia.

De manera similar, se puede obtener contenido UHD 8K a partir de contenido HD teniendo un nivel de procesamiento IWT más para pasar 4K a 8K de gran precisión.

Y, por supuesto, dicho contenido se puede comprimir, transmitir, almacenar y mostrar fácilmente por el hardware de monitor y pantalla de televisión disponible utilizando los métodos de procesamiento previo y procesamiento posterior presentados en la presente memoria. En otras palabras, el video UHD 4K requiere 1.5 Mbps y el UHD 8K requiere 1,75 Mbps, en comparación con los números descritos en la videoconferencia de Dinamarca a finales de 2013 y en el Consumer Electronic Show de Las Vegas de enero de 2014. Dichas predicciones indicaron que UHD 4K requeriría 15 Mbps cuando se utilizó extensamente durante varios años.

Justificación de los incrementos matemáticamente precisos de cualquier resolución de imagen

Los métodos presentados en la presente memoria proporcionan técnicas para calcular la transformada de ondículas de Haar inversa a partir de sus componentes de baja frecuencia y pueden conducir al cálculo de una imagen de mayor resolución que una imagen dada, que se puede considerar que es el componente de baja frecuencia de la imagen calculada de mayor resolución. Por lo tanto, empezando con una imagen 1080p, por ejemplo, se puede calcular con precisión la imagen de resolución 4K cuyo componente de baja frecuencia sea la imagen 1080p dada. De manera similar, se puede calcular con precisión una imagen de resolución 8K cuyo componente de baja frecuencia sea la imagen de resolución 4K. De manera similar, se puede calcular con precisión una resolución de 16K, una resolución de 32K o cualquier nivel superior. Esto es precisamente lo que sucede con cualquier imagen dada cuando se calculan las transformadas de ondículas directas e inversas multinivel.

Estas descripciones proporcionan una compresión de vídeo mucho mejor que la alta calidad de vídeo requerida justo en 2014 con el correspondiente ahorro de costes y una calidad de vídeo superior.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos ilustran determinados aspectos de la invención y no pretenden limitar su alcance. Más bien, los expertos en la técnica pueden utilizar las descripciones y enseñanzas de la presente memoria para producir variaciones, todas las cuales se consideran parte de esta invención. Los expertos en la técnica pueden utilizar las enseñanzas y descripciones de la presente memoria para crear imágenes de vídeo utilizando las mismas funciones y formas, o realizando cambios insustanciales, para producir resultados similares o idénticos. Todo esto se considera parte de esta invención.

Ejemplo 1: Datos de rendimiento

Los métodos basados en el cálculo de los valores exactos de los píxeles de los fotogramas utilizando las matemáticas de la transformada de ondículas de Haar fueron ampliamente probados utilizando los códecs de vídeo H264 y H265 combinados con las etapas de procesamiento previo y procesamiento posterior presentadas. El H265 proporciona una cierta mejora en la relación de compresión con respecto al H264, pero es mucho más complicado y no se puede utilizar para el rendimiento en tiempo real con los dispositivos portátiles típicos, y además los métodos descritos previamente utilizando el códec H264 proporcionan una compresión mucho mejor que el H265 por sí mismo.

En consecuencia, los valores de rendimiento dados en la tabla 2 a continuación fueron obtenidos utilizando el códec de vídeo H264 con los algoritmos de procesamiento previo y procesamiento posterior descritos anteriormente.

Tabla 2: Valores de rendimiento del proceso descrito

Video	Tasa de bits HD 1080p	Tasa de bits UDH 4K
Películas	1 Mbps	1,5 Mbps
Naturaleza	1 Mbps	1,5 Mbps
Deportes	1,1 Mbps	1,75 Mbps

En cuanto a los valores PSNR, en la siguiente tabla 3 se muestran las comparaciones en valores típicos de decibelios (db) entre el códec solo y el códec con los métodos descritos en la presente memoria para diferentes fotogramas reconstruidos de tipos de vídeo para cada una de las tasas de bits mencionadas.

Tabla 3: Valores PSNR para el códec solo y el códec plus con el proceso descrito

Video	PSNR H264 códec solo	H264 + procesamiento PSNR previo y posterior
Películas	81,29	128,12 db

Naturaleza	76,82	124,96 db
Deportes	72,67	119,67 db

Ejemplo 2: Dispositivos que incorporan los métodos de software implementados

Dispositivos de procesamiento previo y procesamiento posterior

5 Los métodos descritos en la presente memoria se pueden aplicar en muchos dispositivos informáticos. Las etapas de procesamiento de cálculo se pueden implementar en un procesador previo, el cual lleve a cabo diezmados y compresión basada en la ondícula de Haar. Dichos dispositivos se pueden fabricar y proporcionar como componentes separados e independientes de un sistema informático, y se pueden añadir a un ordenador, un dispositivo móvil, un televisor, un decodificador de cable, un decodificador o dispositivos similares ya existentes.

10 Además, los métodos descritos en la presente memoria se pueden implementar como un procesador posterior, que descomprima la salida del códec. Dichos procesadores posteriores se pueden añadir a un ordenador, televisión, dispositivo móvil, decodificador de cable, decodificador o dispositivos similares ya existentes.

15 Esta invención incluye dispositivos integrados para el procesamiento previo y procesamiento posterior de los fotogramas de acuerdo con los métodos descritos en la presente memoria. Un dispositivo de procesamiento previo contiene un área de memoria que contiene instrucciones para el procesamiento previo, y un procesador para llevar a cabo las instrucciones contenidas en el área de memoria. Dichos dispositivos combinados de memoria y procesamiento previo pueden ser circuitos integrados que se pueden fabricar por separado y a continuación incorporarse a sistemas de vídeo. La conexión del dispositivo de procesamiento previo a un sistema de vídeo puede incluir una entrada, en la que se puede introducir un fotograma de un dispositivo de captura de imágenes (por ejemplo, una cámara) en el dispositivo de procesamiento previo. La salida del dispositivo de procesamiento previo se puede conectar a un códec. Opcionalmente, se puede incluir un área de memoria intermedia en el dispositivo de procesamiento previo.

20 De manera similar, un dispositivo de procesamiento posterior puede contener un área de memoria que contenga instrucciones para el procesamiento posterior de acuerdo con los métodos de esta invención, y también incluye un procesador para llevar a cabo las instrucciones contenidas en el área de memoria. Dichos dispositivos combinados de memoria y procesamiento posterior pueden ser circuitos integrados que se pueden fabricar por separado y a continuación incorporarse a sistemas de vídeo. La conexión de un dispositivo de procesamiento posterior a un sistema de vídeo permite introducir un fotograma descomprimido de un códec en un dispositivo de procesamiento posterior. A efectos de visualización, un dispositivo de procesamiento posterior se puede conectar a un dispositivo de salida, tal como un monitor de vídeo, una pantalla de un dispositivo móvil o un televisor, por ejemplo. Se puede incluir un área de memoria intermedia en el dispositivo de procesamiento posterior.

Ejemplo 3: Formación de imágenes en color

Con respecto a las imágenes y los fotogramas de vídeo, el método se aplica primero a las columnas y a continuación a las filas. Además, para las imágenes en color, el método se puede aplicar por separado a los componentes de luminancia (Y) y crominancia (UV).

35 Ejemplo 4: Medios legibles por ordenador

Un medio legible por ordenador contiene un área de memoria, que contiene instrucciones para el procesamiento previo del fotograma de acuerdo con los métodos de esta invención. Los dispositivos físicos incluyen un disquete, una memoria flash, una unidad de cinta u otro componente físico de hardware. Las instrucciones contenidas en un dispositivo de este tipo se pueden transferir a un procesador previo externo para la ejecución de las instrucciones contenidas en el área de memoria.

Otro dispositivo contiene un área de memoria, que contiene instrucciones para el procesamiento posterior de fotogramas de acuerdo con los métodos de esta invención. Los dispositivos físicos incluyen un disquete, una memoria flash, una unidad de cinta u otro componente físico de hardware. Las instrucciones contenidas en un dispositivo de este tipo se pueden transferir a un procesador posterior externo para la ejecución de las instrucciones contenidas en el área de memoria.

En otras formas de realización, las instrucciones de programación para el procesamiento previo, el procesamiento posterior y la visualización se pueden transmitir utilizando medios inalámbricos, cable, fibra óptica u otros medios.

50 Se puede apreciar que los métodos de procesamiento previo, códec y procesamiento posterior se pueden integrar entre sí para proporcionar un sistema que se puede incorporar a un ordenador, un dispositivo móvil, una televisión, un decodificador de cable o dispositivos similares.

Ejemplo 5: Implementación en arquitecturas de cálculo heterogéneas modernas masivamente paralelas

Hoy en día, incluso los dispositivos móviles portátiles comprenden plataformas multinúcleo que utilizan fotogramas de cálculo paralelos. Se puede desarrollar un prototipo de una implementación informática de los cálculos utilizando programación OpenCL (Ref. 5; OpenCL Programming by Example de R. Banger y K. Bhattacharyya, 2013 Packt Publishing Ltd., UK, incorporada en la presente memoria por completo por referencia) y el lenguaje CUDA (Ref. 6; CUDA Programming by Shane Cook, 2013 Elsevier, Inc., incorporada en la presente memoria por completo por referencia) para la tarjeta gráfica NVIDIA con el fin de demostrar un procesamiento eficiente y rápido (60 fps) para la visualización en tiempo real de vídeo UHD 4K en televisores 4K de bajo coste.

Por lo tanto, la implementación de bajo coste es otra ventaja fundamental de la tecnología, además de los costes mínimos de almacenamiento y transmisión y la alta calidad de vídeo percibida.

Dicha implementación paralela masiva es el resultado de la naturaleza intrínseca de los métodos que se pueden portar a múltiples dispositivos que no tienen que tener la misma arquitectura o incluso el mismo proveedor.

En resumen, esta tecnología puede hacer que las comunicaciones de vídeo UHD 4K y 8K sean accesibles y asequibles antes de lo previsto.

Aplicabilidad industrial

Los sistemas y métodos de esta invención se pueden utilizar en las industrias de telecomunicaciones y vídeo para permitir que el vídeo de alta calidad se almacene, transmita y reproduzca a un coste reducido y con menores necesidades de capacidad de almacenamiento informático. Las implicaciones de los aspectos de esta invención en la reducción de los asombrosos costes actuales de almacenamiento y transmisión de vídeo son importantes.

Referencias

El contenido de cada una de las referencias y documentos enumerados anteriormente y a continuación en esta solicitud se incorpora en la presente memoria íntegramente por referencia en su totalidad.

1. Ten Lectures on Wavelets by Ingrid Daubechies, Society for Industrial and Applied Mathematics.

2. A New Wavelet Transform Video Compression Algorithm, IEEE 3rd International Conference on Communications Software Networks, 2011, Zhange Shu.

3. Three Dimensional Wavelet Transform Video Compression, 1999 IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, July 1999, L.K. Levy.

4. A New and Novel Image Compression Algorithm using Wavelet Footprints, Academic Journal 2005, Vol. 14, parte 6, página 17, N. Malmurugan, A. Shamugan, S. Jayaraman, V. V. Dinesh, Chader.

5. OpenCL Programming by Example by R. Banger and K. Bhattacharyya, 2013 Packt Publishing Ltd., UK.

6. CUDA Programming by Shane Cook, 2013 Elsevier, Inc.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para procesar un fotograma de vídeo, comprendiendo el método las etapas de:

(a) procesar previamente el fotograma de vídeo realizando en cualquier orden las etapas de:

5 (i) reducir el tamaño del fotograma horizontalmente guardando por cada fila de píxeles $y_0, y_1, \dots, y_{2n+1}$ el primer píxel y_0 y las transformaciones de ondículas de Haar de baja frecuencia $x_0 = \frac{y_0 + y_1}{2}, x_1 = \frac{y_2 + y_3}{2}, \dots, x_n = \frac{y_{2n} + y_{2n+1}}{2}$;

y

(ii) reducir el tamaño del fotograma verticalmente guardando para cada columna de píxeles $y_0, y_1, \dots, y_{2n+1}$ el primer píxel y_0 y las transformadas de ondículas de Haar de baja frecuencia $x_0 = \frac{y_0 + y_1}{2}, x_1 = \frac{y_2 + y_3}{2}, \dots, x_n = \frac{y_{2n} + y_{2n+1}}{2}$;

10 (b) comprimir el fotograma de vídeo procesado previamente por medio de un códec;

(c) almacenar o transmitir el fotograma de vídeo comprimido;

(d) descomprimir el fotograma de vídeo almacenado o transmitido; y

(e) procesar posteriormente el fotograma de vídeo descomprimido caracterizado por que el procesamiento posterior se hace realizando en cualquier orden las etapas de:

15 (i) aumentar el tamaño del fotograma verticalmente calculando para cada columna de píxeles y_0, x_0, \dots, x_n el primer píxel $y_0 = y_0$, el segundo píxel $y_1 = 2x_0 - y_0$, y posteriormente para cada uno de x_1, \dots, x_n los dos siguientes píxeles $y_2 = \frac{2x_1 - y_1}{3}, y_3 = 2x_1 - y_2, \dots, y_{2n} = \frac{2x_n - y_{2n-1}}{3}, y_{2n+1} = 2x_n - y_{2n}$; y

(ii) aumentar el tamaño del fotograma horizontalmente calculando para cada fila de píxeles y_0, x_0, \dots, x_n el primer píxel $y_0 = y_0$, el segundo píxel $y_1 = 2x_0 - y_0$, y posteriormente para cada uno de x_1, \dots, x_n los dos siguientes píxeles $y_2 = \frac{2x_1 - y_1}{3}, y_3 = 2x_1 - y_2, \dots, y_{2n} = \frac{2x_n - y_{2n-1}}{3}, y_{2n+1} = 2x_n - y_{2n}$.

20 2. El método implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las etapas (a) y (e) se repiten al menos una vez.

y_0	y_1	y_2	y_3	\dots	y_{n-1}	y_n
				\dots		
				\dots		
				\dots		
				\dots		
				\dots		
				\dots		

100

FIG. 1A



y_0	x_0	x_1	x_2	\dots	x_{n-1}	x_n
				\dots		
				\dots		
				\dots		
				\dots		
				\dots		
				\dots		

110

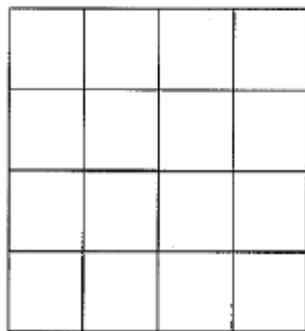
FIG. 1B



y_0										
x_0										
x_1										
\vdots										
x_{n-1}										
x_n										

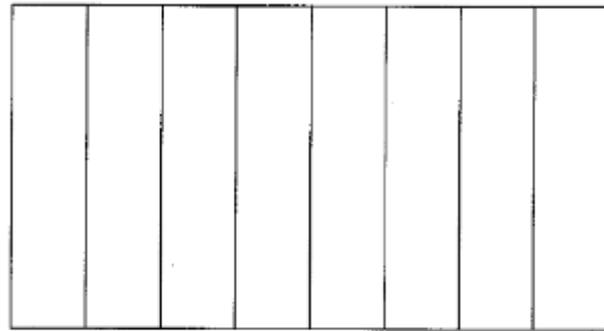
FIG. 1C

120



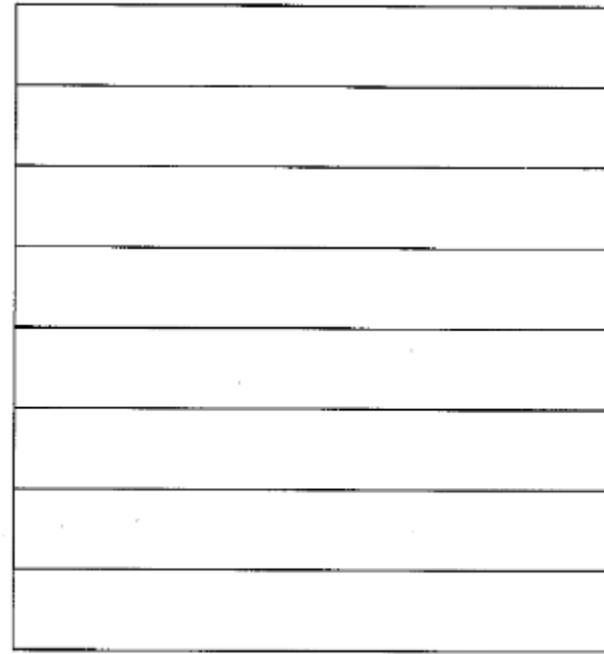
200

FIG. 2A



210

FIG. 2B



220

FIG. 2C

