

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 486 295**

51 Int. Cl.:

**H04N 9/04** (2006.01)

**H04N 19/186** (2014.01)

**H04N 19/85** (2014.01)

**G06T 3/40** (2006.01)

**H04N 1/64** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2008 E 08745686 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.07.2014 EP 2145330**

54 Título: **Cámara de vídeo**

30 Prioridad:

**11.04.2007 US 911196 P**

**28.12.2007 US 17406**

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

**18.08.2014**

73 Titular/es:

**RED.COM, INC. (100.0%)  
20291 VALENCIA CIRCLE  
LAKE FOREST, CA 92630, US**

72 Inventor/es:

**JANNARD, JAMES y  
NATTRESS, THOMAS GRAEME**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 486 295 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

Cámara de vídeo

### 5 **Campo de las invenciones**

Las presentes invenciones se refieren a cámaras digitales, tales como aquellas para capturar imágenes fijas o en movimiento, y más particularmente, a cámaras digitales que comprimen datos de imagen.

### 10 **Descripción de la técnica relacionada**

Una cámara digital que comprime datos se describe en el documento US 6.154.493. Una imagen original se captura en un formato de imagen en bruto tal como el patrón de Bayer. Se aplica directamente un método de cuantificación y compresión a los datos de imagen en bruto del patrón de Bayer para aprovechar la correlación entre diferentes canales de color para conseguir altas relaciones de compresión. La descompresión de los datos de canal comprimidos produce una imagen perceptualmente sin pérdida.

El documento US 2003/0185302 describe una cámara de vídeo que incluye uno o más CCD capaces de producir señales analógicas, y un motor de ejecución que controla el procesador configurado para procesar las señales analógicas producidas mediante los CCD. Las señales analógicas se procesan en parámetros de diferencia de luminancia y color para procesamiento adicional.

A pesar de la disponibilidad de cámaras de vídeo digital, los productores de las películas importantes y algún medio de difusión de televisión continúan basándose en cámaras de película. La película usada para tal proporciona a los editores de vídeo con imágenes de muy alta resolución que pueden editarse mediante medios convencionales. Más recientemente, sin embargo, a menudo tal película se escanea, digitaliza y edita digitalmente.

### **Sumario de la invención**

Aunque algunas cámaras de vídeo digital actualmente disponibles incluyen sensores de imagen de alta resolución, y por lo tanto emiten vídeo de alta resolución, las técnicas de procesamiento y compresión de imagen usadas a bordo de tales cámaras son con demasiadas pérdidas y por lo tanto eliminan demasiados datos de imagen en bruto para que sean aceptables en las porciones de gama alta del mercado anteriormente indicado. Un aspecto de al menos una de las realizaciones desveladas en el presente documento incluye la realización de que la calidad de vídeo que es aceptable para las porciones de gama alta de los mercados anteriormente indicados, tal como el mercado de las películas importantes, puede satisfacerse mediante cámaras que pueden capturar y almacenar datos de vídeo en bruto o sustancialmente en bruto que tienen una resolución de al menos aproximadamente 2K y a una velocidad de fotograma de al menos aproximadamente 23 fotogramas por segundo.

La invención es como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

La invención desvelada en el presente documento incluye la realización de que debido a que el ojo humano es más sensible a las longitudes de onda de verdes que cualquier otro color, puede usarse la modificación de la salida de datos de imagen basada en datos de imagen de verdes a partir de un sensor de imagen para mejorar la compresibilidad de los datos, proporcionando aún una imagen de vídeo de calidad superior. Una técnica de este tipo puede incluir restar la magnitud de la luz verde detectada a partir de las magnitudes de luz roja y/o azul detectadas antes de comprimir los datos. Esto puede convertir los datos de imagen de rojos y/o azules en una forma más compresible. Por ejemplo, en los procesos conocidos para convertir datos de RGB corregidos de gamma a Y'CbCr, la imagen se "des correlaciona", dejando la mayoría de los datos de imagen en Y' (conocido también como "luma"), y como tal, los restantes componentes de cromatismo son más compresibles. Sin embargo, las técnicas conocidas para convertir al formato Y'CbCr no pueden aplicarse directamente a los datos del patrón de Bayer puesto que los datos de color individual no están correlacionados espacialmente y los datos de patrón de Bayer incluyen dos veces más datos de imagen de verdes que datos de imagen de azules o de rojos. Los procesos de resta de datos de imagen de verdes, de acuerdo con algunas de las realizaciones desveladas en el presente documento, pueden ser similares a la conversión de Y'CbCr anteriormente indicada en que la mayoría de los datos de imagen se dejan en los datos de imagen de verdes, dejando los restantes datos en una forma más compresible.

Adicionalmente, el proceso de resta de datos de imagen de verdes puede invertirse, conservando todos los datos en bruto originales. Por lo tanto, el sistema y método resultantes que incorporan una técnica de este tipo pueden proporcionar compresibilidad sin pérdida o visualmente sin pérdida y mejorada de tales datos de imagen de vídeo.

### **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema que puede incluir hardware y/o puede configurarse para realizar métodos para procesar datos de imagen de vídeo de acuerdo con una realización.

La Figura 2 es una realización opcional de un alojamiento para la cámara ilustrada esquemáticamente en la

Figura 1.

La Figura 3 es una distribución esquemática de un sensor de imagen que tiene un Filtro de Patrón de Bayer que puede usarse con el sistema ilustrado en la Figura 1.

La Figura 4 es un diagrama de bloques esquemático de un módulo de procesamiento de imagen que puede usarse en el sistema ilustrado en la Figura 1.

La Figura 5 es una distribución esquemática de los datos de imagen de verdes de las células del sensor de verdes del sensor de imagen de la Figura 3.

La Figura 6 es una distribución esquemática de los restantes datos de imagen de verdes de la Figura 5 después de un proceso opcional para borrar algunos de los datos de imagen de verdes originales.

La Figura 7 es una distribución esquemática de los datos de imagen de rojos, de azules y de verdes de la Figura 5 organizados para procesar en el módulo de procesamiento de imagen de la Figura 1.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra una técnica de transformación de datos de imagen que puede usarse con el sistema ilustrado en la Figura 1.

La Figura 8A es un diagrama de flujo que ilustra una modificación de la técnica de transformación de datos de imagen de la Figura 8 que puede usarse también con el sistema ilustrado en la Figura 1.

La Figura 9 es una distribución esquemática de datos de imagen de azules resultantes de un proceso de transformación de imagen de la Figura 8.

La Figura 10 es una distribución esquemática de datos de imagen de rojos resultantes de un proceso de transformación de imagen de la Figura 8.

La Figura 11 ilustra una transformación opcional ejemplar que puede aplicarse a los datos de imagen para corrección de gamma.

La Figura 12 es un diagrama de flujo de una rutina de control que puede usarse con el sistema de la Figura 1 para descomprimir e interpolar datos de imagen.

La Figura 12A es un diagrama de flujo que ilustra una modificación de la rutina de control de la Figura 12 que puede usarse también con el sistema ilustrado en la Figura 1.

La Figura 13 es una distribución esquemática de datos de imagen de verdes que se han descomprimido e interpolado de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 12.

La Figura 14 es una distribución esquemática de la mitad de los datos de imagen de verdes originales de la Figura 13, que se han descomprimido e interpolado de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 12.

La Figura 15 es una distribución esquemática de datos de imagen de azules que se han descomprimido de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 12.

La Figura 16 es una distribución esquemática de datos de imagen de azules de la Figura 15 que se han interpolado de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 12.

### Descripción detallada de las realizaciones

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una cámara que tiene módulos de detección, procesamiento y compresión de imagen, descritos en el contexto de una cámara de vídeo para imágenes en movimiento. Las realizaciones desveladas en el presente documento se describen en el contexto de una cámara de vídeo que tiene un único dispositivo de sensor con un filtro de patrón de Bayer puesto que estas realizaciones tienen utilidad particular en este contexto. Sin embargo, las realizaciones e invenciones en el presente documento pueden aplicarse también a cámaras que tienen otros tipos de sensores de imagen (por ejemplo, Bayer de CMY así como otros patrones no de Bayer), otro número de sensores de imagen, que funcionan en diferentes tipos de formato de imagen y que están configuradas para imágenes fijas y/o en movimiento. Por lo tanto, se ha de entender que las realizaciones desveladas en el presente documento son realizaciones ejemplares pero no limitantes, y por lo tanto, las invenciones desveladas en el presente documento no están limitadas a las realizaciones ejemplares desveladas.

Con referencia continuada a la Figura 1, una cámara 10 puede incluir un cuerpo o alojamiento 12 configurado para soportar un sistema 14 configurado para detectar, procesar y opcionalmente almacenar y/o reproducir datos de imagen de vídeo. Por ejemplo, el sistema 14 puede incluir hardware 16 de óptica, un sensor 18 de imagen, un módulo 20 de procesamiento de imagen, un módulo 22 de compresión y un dispositivo 24 de almacenamiento. Opcionalmente, la cámara 10 puede incluir también un módulo 26 de monitor, un módulo 28 de reproducción y una pantalla 30.

La Figura 2 ilustra una realización ejemplar no limitante de la cámara 10. Como se muestra en la Figura 2, el hardware 16 de óptica puede soportarse mediante el alojamiento 12 de una manera que lo deja expuesto en su superficie exterior. En algunas realizaciones, el sistema 14 está soportado en el alojamiento 12. Por ejemplo, el sensor 18 de imagen, el módulo 20 de procesamiento de imagen y el módulo 22 de compresión pueden alojarse en el alojamiento 12. El dispositivo 24 de almacenamiento puede montarse en el alojamiento 12. Adicionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo 24 de almacenamiento puede montarse a un exterior del alojamiento 12 y conectarse a las restantes porciones del sistema 14 a través de cualquier tipo de conector o cable conocido. Adicionalmente, el dispositivo 24 de almacenamiento puede conectarse al alojamiento 12 con un cable flexible, permitiendo por lo tanto al dispositivo 24 de almacenamiento moverse de alguna manera independientemente del alojamiento 12. Por ejemplo, con una conexión de cable flexible de este tipo, el dispositivo 24 de almacenamiento puede llevarse en un cinturón de un usuario, permitiendo reducirse el peso total del alojamiento 12. Adicionalmente, en algunas realizaciones, el alojamiento puede incluir uno o más dispositivos 24 de almacenamiento interior y

montados a su exterior. Adicionalmente, el alojamiento 12 puede soportar también el módulo 26 de monitor y el módulo 28 de guion. Adicionalmente, en algunas realizaciones, la pantalla 30 puede configurarse para montarse a un exterior del alojamiento 12.

5 El hardware 16 de óptica puede estar en la forma de un sistema de lente que tiene al menos una lente configurada para enfocar una imagen entrante en el sensor 18 de imagen. El hardware 16 de óptica, opcionalmente, puede estar en la forma de un sistema multi-lente que proporciona ampliación, apertura y enfoque variables. Adicionalmente, el hardware 16 de óptica puede estar en la forma de un zócalo de lente soportado mediante el alojamiento 12 y configurado para recibir una pluralidad de diferentes tipos de sistemas de lente, por ejemplo, pero sin limitación, el hardware 16 de óptica incluye un zócalo configurado para recibir diversos tamaños de sistemas de lente que incluyen una lente de ampliación de 50-100 milímetros (F2,8), una lente de ampliación de 18-50 milímetros (F2,8), una lente de 300 milímetros (F2,8), lente de 15 milímetros (F2,8), lente de 25 milímetros (F1,9), lente de 35 milímetros (F1,9), lente de 50 milímetros (F1,9), lente de 85 milímetros (F1,9) y/o cualquier otra lente. Como se ha indicado anteriormente, el hardware 16 de óptica puede configurarse de manera que a pesar de qué lente esté conectada al mismo, las imágenes pueden enfocarse tras una superficie sensible a la luz del sensor 18 de imagen.

El sensor 18 de imagen puede ser cualquier tipo de dispositivo de detección de vídeo, incluyendo, por ejemplo, pero sin limitación, dispositivos CCD, CMOS, CMOS apilados verticalmente tales como el sensor Foveon® o un conjunto multi-sensor que usa un prisma para dividir la luz entre los sensores. En algunas realizaciones, el sensor 18 de imagen puede incluir un dispositivo CMOS que tiene aproximadamente 12 millones de fotocélulas. Sin embargo, pueden usarse también otros sensores de tamaño. En algunas configuraciones, la cámara 10 puede configurarse para emitir vídeo a resolución horizontal de "2k" (por ejemplo, 2048 x 1152 píxeles), "4k" (por ejemplo, 4.096 x 2.540 píxeles), "4,5k" o mayores resoluciones. Como se usa en el presente documento, en los términos expresados en el formato de xk (tal como 2k y 4k anteriormente indicadas), la cantidad "x" se refiere a la resolución horizontal aproximada. Como tal, resolución "4k" corresponde a aproximadamente 4000 píxeles o más horizontales y "2k" corresponde a aproximadamente 2000 píxeles o más. Usando hardware actualmente disponible comercialmente, el sensor puede ser tan pequeño como aproximadamente 8 mm (0,5 pulgadas), pero puede ser de aproximadamente 2,54 cm (1,0 pulgadas) o mayor. Adicionalmente, el sensor 18 de imagen puede configurarse para proporcionar resolución variable emitiendo de manera selectiva únicamente una porción predeterminada del sensor 18. Por ejemplo, el sensor 18 y/o el módulo de procesamiento de imagen pueden configurarse para permitir a un usuario identificar la resolución de la salida de datos de imagen.

La cámara 10 puede configurarse también para submuestrear y procesar posteriormente la salida del sensor 18 para producir salida de vídeo a 2K, 1080p, 720p o cualquier otra resolución. Por ejemplo, los datos de imagen del sensor 18 pueden "hacerse en ventana", reduciendo de esta manera el tamaño de la imagen de salida y permitiendo velocidades de lectura superiores. Sin embargo, pueden usarse también otros sensores de tamaño. Adicionalmente, la cámara 10 puede configurarse para sobremuestrear la salida del sensor 18 para producir salida de vídeo a resoluciones superiores.

40 Con referencia a las Figuras 1 y 3, en algunas realizaciones, el sensor 18 puede incluir un filtro de patrón de Bayer. Como tal, el sensor 18, por medio de su conjunto de chips (no mostrado) emite datos que representan magnitudes de luz roja, verde o azul detectada mediante fotocélulas individuales del sensor 18 de imagen. La Figura 3 ilustra esquemáticamente la salida del patrón de Bayer del sensor 18. En algunas realizaciones, por ejemplo, como se muestra en la Figura 3, el filtro de patrón de Bayer tiene dos veces más elementos de verdes que el número de elementos de rojos y el número de elementos de azules. El conjunto de chips del sensor 18 de imagen puede usarse para leer la carga en cada elemento del sensor de imagen y emitir por lo tanto una corriente de valores en la salida del formato RGB bien conocido.

50 Con referencia continuada a la Figura 4, el módulo 20 de procesamiento de imagen opcionalmente puede configurarse para formatear la corriente de datos del sensor 18 de imagen en cualquier manera conocida. En algunas realizaciones, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para separar los datos de imagen de verdes, rojos y azules en tres o cuatro compilaciones de datos separadas. Por ejemplo, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para separar los datos de rojos en un elemento de datos, los datos de azules en un elemento de datos de azules y los datos de verdes en un elemento de datos de verdes. Por ejemplo, con referencia a la Figura 4, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede incluir un módulo 32 de procesamiento de datos de rojos, un módulo 34 de procesamiento de imagen de datos de azules y un primer módulo 36 de procesamiento de datos de imagen de verdes.

60 Como se ha indicado anteriormente, sin embargo, los datos del patrón de Bayer ilustrados en la Figura 3, tienen dos veces más píxeles de verdes que los otros dos colores. La Figura 5 ilustra un componente de datos con los datos de azules y rojos eliminados, dejando únicamente los datos de imagen de verdes originales.

65 En algunas realizaciones, la cámara 10 puede configurarse para borrar u omitir algunos de los datos de imagen de verdes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para borrar 1/2 de los datos de imagen de verdes de modo que la cantidad total de datos de imagen de verdes es la misma que las cantidades de datos de imagen de azules y de rojos. Por ejemplo, la Figura 6 ilustra los restantes

datos después de que el módulo 20 de procesamiento de imagen borra  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes. En la realización ilustrada de la Figura 6, se han borrado las filas n-3, n-1, n+1 y n+3. Esto es meramente un ejemplo del patrón de los datos de imagen de verdes que pueden borrarse. Puede borrarse también otros patrones y otras cantidades de datos de imagen de verdes.

5 En algunas alternativas, la cámara 10 puede configurarse para borrar  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes después de que se hayan transformado los datos de imagen de rojos y de azules basándose en los datos de imagen de verdes. Esta técnica opcional se describe a continuación siguiendo la descripción de la resta de los valores de datos de imagen de verdes de los otros datos de imagen de color.

10 Opcionalmente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para borrar de manera selectiva los datos de imagen de verdes. Por ejemplo, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede incluir un módulo de análisis de borrado (no mostrado) configurado para determinar de manera selectiva qué datos de imagen de verdes borrar. Por ejemplo, un módulo de borrado de este tipo puede configurarse para determinar si borrar un patrón de filas de los datos de imagen de verdes daría como resultado artefactos de solapamiento, tal como líneas de Moiré, u otros artefactos visualmente perceptibles. El módulo de borrado puede configurarse adicionalmente para elegir un patrón de datos de imagen de verdes para borrar los que presentarían menos riesgo de crear tales artefactos. Por ejemplo, el módulo de borrado puede configurarse para elegir un patrón de borrado de datos de imagen de verdes de columnas verticales alternas si determina que la imagen capturada mediante el sensor 18 de imagen incluye una característica de imagen caracterizada por una pluralidad de líneas horizontales paralelas. Este patrón de borrado puede reducir o eliminar artefactos, tales como líneas de Moiré, que pueden haber resultado de un patrón de borrado de líneas alternas de datos de imagen paralelos a las líneas horizontales detectadas en la imagen.

25 Sin embargo, esto es un ejemplo no limitante meramente ejemplar de los tipos de características de imagen y patrones de borrado que pueden usarse mediante el módulo de borrado. El módulo de borrado puede configurarse también para detectar otras características de imagen y para usar otros patrones de borrado de datos de imagen, tales como por ejemplo, pero sin limitación, borrado de filas alternas, líneas diagonales alternas u otros patrones. Adicionalmente, el módulo de borrado puede configurarse para borrar porciones de los otros datos de imagen, tal como los datos de imagen de rojos y de azules u otros datos de imagen que dependen del tipo de sensor usado.

30 Adicionalmente, la cámara 10 puede configurarse para insertar un campo de datos en los datos de imagen que indica cuáles datos de imagen se han borrado. Por ejemplo, pero sin limitación, la cámara 10 puede configurarse para insertar un campo de datos en el comienzo de cualquier clip de vídeo almacenado en el dispositivo 24 de almacenamiento, que indica cuáles datos se han borrado en cada uno de los "fotogramas" del clip de vídeo. En algunas realizaciones, la cámara puede configurarse para insertar un campo de datos en cada fotograma capturado mediante el sensor 18, que indica cuáles datos de imagen se han borrado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, donde el módulo 20 de procesamiento de imagen está configurado para borrar  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes en un patrón de borrado, el campo de datos puede ser tan pequeño como un campo de datos de único bit, que indica si se han borrado o no los datos de imagen. Puesto que el módulo 20 de procesamiento de imagen está configurado para borrar datos en únicamente un patrón, un único bit es suficiente para indicar cuáles datos se han borrado.

45 En algunas realizaciones, como se ha indicado anteriormente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para borrar de manera selectiva datos de imagen en más de un patrón. Por lo tanto, el campo de borrado de datos de imagen puede ser más grande, incluyendo un número suficiente de valores para proporcionar una indicación de cuál de la pluralidad de diferentes patrones de borrado de datos de imagen se usó. Este campo de datos puede usarse mediante componentes corriente abajo y/o procesos para determinar a cuáles posiciones espaciales corresponden los restantes datos de imagen.

50 En algunas realizaciones, el módulo de procesamiento de imagen puede configurarse para retener todos los datos de imagen de verdes en bruto, por ejemplo, los datos mostrados en la Figura 5. En tales realizaciones, el módulo de procesamiento de imagen puede incluir uno o más módulos de procesamiento de datos de imagen de verdes.

55 Como se ha indicado anteriormente, en los filtros de patrón de Bayer conocidos, hay dos veces más elementos de verdes que el número de elementos de rojos y el número de elementos de azules. En otras palabras, los elementos de rojos comprenden el 25 % del total del conjunto del patrón de Bayer, los elementos de azules corresponden al 25 % del conjunto del patrón de Bayer y los elementos de verdes comprenden el 50 % de los elementos del conjunto del patrón de Bayer. Por lo tanto, en algunas realizaciones, donde se retienen todos los datos de imagen de verdes, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede incluir un segundo módulo 38 de procesamiento de imagen de datos de verdes. Como tal, el primer módulo 36 de procesamiento de imagen de datos de verdes puede procesar la mitad de los elementos de verdes y el segundo módulo 38 de procesamiento de datos de imagen de verdes puede procesar los restantes elementos de verdes. Sin embargo, las presentes invenciones pueden usarse junto con otros tipos de patrones, tal como, por ejemplo, pero sin limitación, CMY y RGBW.

65 La Figura 7 incluye ilustraciones esquemáticas de los componentes de datos de rojos, azules y dos de verdes procesados mediante los módulos 32, 34, 36 y 38 (Figura 4). Esto puede proporcionar ventajas adicionales puesto

que el tamaño y configuración de cada uno de estos módulos puede ser aproximadamente el mismo puesto que manejan aproximadamente la misma cantidad de datos. Adicionalmente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede cambiarse de manera selectiva entre modos en que se procesan todos los datos de imagen de verdes (usando ambos módulos 36 y 38) y modos donde se borra  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes (en que utiliza únicamente uno de los módulos 36 y 38). Sin embargo, pueden usarse también otras configuraciones.

Adicionalmente, en algunas realizaciones, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede incluir otros módulos y/o puede configurarse para realizar otros procesos, tales como, por ejemplo, pero sin limitación, procesos de corrección de gamma, procesos de filtrado de ruido, etc.

Adicionalmente, en algunas realizaciones, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para restar un valor de un elemento de verdes de un valor de un elemento de azules y/o de elemento de rojos. Como tal, en algunas realizaciones, cuanto se detectan ciertos colores mediante el sensor 18 de imagen, el elemento de rojos o azules correspondiente puede reducirse a cero. Por ejemplo, en muchas fotografías, puede haber grandes áreas de negro, blanco o gris, o un color desplazado del gris hacia los colores de rojos o azules. Por lo tanto, si los píxeles correspondientes del sensor 18 de imagen han detectado un área de gris, la magnitud de los verdes, rojos y azules, serían aproximadamente iguales. Por lo tanto, si el valor de verdes se resta de los valores de rojos y azules, los valores de rojos y azules caerán a cero o cerca de cero. Por lo tanto, en un proceso de compresión posterior, habrá más ceros generados en píxeles que detecten un área negra, blanca o gris y por lo tanto los datos resultantes serán más compresibles. Adicionalmente, la resta de los verdes de uno o ambos de los otros colores puede hacer a los datos de imagen resultantes más compresibles por otras razones.

Una técnica de este tipo puede ayudar a conseguir una relación de compresión eficaz superior y aún permanecer visualmente sin pérdida debido a su relación con la entropía de los datos de imagen originales. Por ejemplo, la entropía de una imagen está relacionada con la cantidad de aleatoriedad en la imagen. La resta de los datos de imagen de un color, por ejemplo, de datos de imagen de los otros colores puede reducir la aleatoriedad, y por lo tanto reducir la entropía de los datos de imagen de esos colores, permitiendo de esta manera que se compriman los datos a relaciones de compresión superiores con menos pérdida. Típicamente, una imagen no es una colección de valores de color aleatorios. En su lugar, a menudo hay un cierto grado de correlación entre elementos de imagen circundantes. Por lo tanto, una técnica de resta de este tipo puede usar la correlación de elementos de imagen para conseguir mejor compresión. La cantidad de compresión dependerá, al menos en parte, de la entropía de la información original en la imagen.

La magnitud de verdes restada de los elementos de rojos o azules se obtiene a partir de una media de los elementos de verdes circundantes. Tales técnicas se describen en mayor detalle a continuación.

Opcionalmente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse también para restar de manera selectiva datos de imagen de verdes de los otros colores. Por ejemplo, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para determinar si restar datos de imagen de verdes de una porción de los datos de imagen de los otros colores proporcionaría o no mejor compresibilidad. En este modo, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para insertar banderas en los datos de imagen que indican cuáles porciones de los datos de imagen se han modificado (mediante, por ejemplo, resta de datos de imagen de verdes) y cuáles porciones no se han modificado así. Con tales banderas, un componente de interpolación/reconstrucción corriente abajo puede añadir de manera selectiva valores de imagen de verdes de vuelta en los datos de imagen de los otros colores, basándose en el estado de tales banderas de datos.

Opcionalmente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede incluir también un módulo de reducción de datos adicional (no mostrado) configurado para redondear valores de los datos de rojos y de azules. Por ejemplo, si, después de la resta de las magnitudes de verdes, los datos de rojos o de azules están próximos a cero (por ejemplo, en uno o dos en una escala de 8 bits que varía de 0-255 magnitudes o superiores para un sistema de resolución superior). Por ejemplo, el sensor 18 puede ser un sensor de 12 bits que emite datos de rojos, azules y verdes en una escala de 0-4095. Cualquier redondeo o filtrado de los datos realizado por el módulo de redondeo puede ajustarse para conseguir el efecto deseado. Por ejemplo, el redondeo puede realizarse a un menor grado si se desea tener salida sin pérdida y a un mayor grado si es aceptable alguna pérdida o salida con pérdidas. Puede realizarse algún redondeo y dar como resultado aún una salida visualmente sin pérdida. Por ejemplo, en una escala de 8 bits, los datos de rojos o azules que tienen valor absoluto de hasta 2 o 3 pueden redondearse a 0 y proporcionar aún una salida visualmente sin pérdida. Adicionalmente, en una escala de 12 bits, los datos de rojos o azules que tienen un valor absoluto de hasta 10 a 20 pueden redondearse hasta 0 y proporcionar aún salida visualmente sin pérdida.

Adicionalmente, las magnitudes de valores que pueden redondearse a cero, o redondearse a otros valores, y proporcionar aún una salida visualmente sin pérdida dependen de la configuración del sistema, incluyendo el hardware 16 de óptica, el sensor 18 de imagen, la resolución del sensor de imagen, la resolución de color (bits) del sensor 18 de imagen, los tipos de filtrado, técnicas de anti-solapamiento u otras técnicas realizadas mediante el módulo 20 de procesamiento de imagen, las técnicas de compresión realizadas mediante el módulo 22 de compresión y/u otros parámetros o características de la cámara 10.

- Como se ha indicado anteriormente, en algunas realizaciones, la cámara 10 puede configurarse para borrar  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes después de que se hayan transformado los datos de imagen de rojos y de azules basándose en los datos de imagen de verdes. Por ejemplo, pero sin limitación, el módulo 20 de procesador puede configurarse para borrar  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes después de que se ha restado la media de las magnitudes de los valores de datos de verdes circundantes de los valores de datos de rojos y de azules. Esta reducción en los datos de verdes puede reducir requisitos de caudal en el hardware asociado. Adicionalmente, los restantes datos de imagen de verdes pueden usarse para reconstruir los datos de imagen de rojos y de azules, descrito en mayor detalle a continuación con referencia a las Figuras 14 y 16.
- Como se ha indicado anteriormente, la cámara 10 puede incluir también un módulo 22 de compresión. El módulo 22 de compresión puede estar en la forma de un chip separado o puede implementarse con software y otro procesador. Por ejemplo, el módulo 22 de compresión puede estar en la forma de un chip de compresión disponible comercialmente que realiza una técnica de compresión de acuerdo con la norma JPEG 2000 u otras técnicas de compresión.
- El módulo de compresión puede configurarse para realizar cualquier tipo de proceso de compresión en los datos desde el módulo 20 de procesamiento de imagen. En algunas realizaciones, el módulo 22 de compresión realiza una técnica de compresión que aprovecha las técnicas realizadas mediante el módulo 20 de procesamiento de imagen. Por ejemplo, como se ha indicado anteriormente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede configurarse para reducir la magnitud de los valores de los datos de rojos y de azules restando las magnitudes de los datos de imagen de verdes, dando como resultado de esta manera un mayor número de valores de cero, así como otros efectos. Adicionalmente, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede realizar una manipulación de datos en bruto que usa la entropía de los datos de imagen. Por lo tanto, la técnica de compresión realizada mediante el módulo 22 de compresión puede ser de un tipo que se beneficie de la presencia de cadenas de ceros más largas para reducir el tamaño de la salida de datos comprimidos del mismo.
- Adicionalmente, el módulo 22 de compresión puede configurarse para comprimir los datos de imagen del módulo 20 de procesamiento de imagen para dar como resultado una salida visualmente sin pérdida. Por ejemplo, en primer lugar, el módulo de compresión puede configurarse para aplicar cualquier técnica de compresión conocida, tal como, pero sin limitación, JPEG 2000, MotionJPEG, cualquier códec basado en DCT, cualquier códec diseñado para comprimir datos de imagen de RGB, H.264, MPEG4, Huffman u otras técnicas.
- Dependiendo del tipo de técnica de compresión usada, los diversos parámetros de la técnica de compresión pueden ajustarse para proporcionar una salida visualmente sin pérdida. Por ejemplo, muchas de las técnicas de compresión anteriormente indicadas pueden ajustarse a diferentes tasas de compresión, donde cuando se descomprime, la imagen resultante es de mejor calidad para tasas de compresión inferiores y de inferior calidad para tasas de compresión superiores. Por lo tanto, el módulo de compresión puede configurarse para comprimir los datos de imagen de una manera que proporcione una salida visualmente sin pérdida, o puede configurarse para permitir a un usuario ajustar diversos parámetros para obtener una salida visualmente sin pérdida. Por ejemplo, el módulo 22 de compresión puede configurarse para comprimir los datos de imagen a una relación de compresión de aproximadamente 6:1, 7:1, 8:1 o mayor. En algunas realizaciones, el módulo 22 de compresión puede configurarse para comprimir los datos de imagen a una relación de 12:1 o superior.
- Adicionalmente, el módulo 22 de compresión puede configurarse para permitir a un usuario ajustar la relación de compresión conseguida mediante el módulo 22 de compresión. Por ejemplo, la cámara 10 puede incluir una interfaz de usuario que permita a un usuario introducir comandos que producen que el módulo 22 de compresión cambie la relación de compresión. Por lo tanto, en algunas realizaciones, la cámara 10 puede proporcionar compresión variable.
- Como se usa en el presente documento, la expresión “visualmente sin pérdida” pretende incluir la salida que, cuando se compara una al lado de la otra con los datos de la imagen original (nunca comprimida) en el mismo dispositivo de presentación, un experto habitual en la materia no podría determinar qué imagen es la original con un grado razonable de precisión, basándose únicamente en una inspección visual de las imágenes.
- Con referencia continuada a la Figura 1, la cámara 10 puede incluir también un dispositivo 24 de almacenamiento. El dispositivo de almacenamiento puede estar en la forma de cualquier tipo de almacenamiento digital, tal como, por ejemplo, pero sin limitación, discos duros, memoria flash o cualquier otro tipo de dispositivo de memoria. En algunas realizaciones, el tamaño del dispositivo 24 de almacenamiento puede ser suficientemente grande para almacenar datos de imagen desde el módulo 22 de compresión que corresponden a al menos aproximadamente 30 minutos de vídeo a resolución de 12 megapíxeles, resolución de color de 12 bits y a 60 fotogramas por segundo. Sin embargo, el dispositivo 24 de almacenamiento puede tener cualquier tamaño.
- En algunas realizaciones, el dispositivo 24 de almacenamiento puede montarse en un exterior del alojamiento 12. Adicionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo 24 de almacenamiento puede conectarse a los otros componentes del sistema 14 a través de puertos de comunicación convencionales, incluyendo, por ejemplo, pero sin limitación IEEE 1394, USB 2.0, IDE, SATA, etc. Adicionalmente, en algunas realizaciones, el dispositivo 24 de

almacenamiento puede comprender una pluralidad de discos duros que funcionan bajo un protocolo de RAID. Sin embargo, puede usarse cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento.

Con referencia continuada a la Figura 1, como se ha indicado anteriormente, en algunas realizaciones, el sistema puede incluir un módulo 26 de monitor y un dispositivo 30 de presentación configurados para permitir a un usuario visualizar imágenes de vídeo capturadas mediante el sensor 18 de imagen durante el funcionamiento. En algunas realizaciones, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede incluir un sistema de submuestreo configurado para emitir datos de imagen de resolución reducida al módulo 26 de monitor. Por ejemplo, un sistema de submuestreo de este tipo puede configurarse para emitir datos de imagen de vídeo para soportar 2K, 1080p, 720p o cualquier otra resolución. En algunas realizaciones, los filtros usados para interpolación pueden adaptarse para realizar también filtrado de submuestreo, de manera que el submuestreo y el filtrado pueden realizarse al mismo tiempo. El módulo 26 de monitor puede configurarse para realizar cualquier tipo de proceso de interpolación a los datos del módulo 20 de procesamiento de imagen. Posteriormente, el módulo 26 de monitor puede emitir unos datos de imagen interpolados a la pantalla 30.

La pantalla 30 puede ser cualquier tipo de dispositivo de supervisión. Por ejemplo, pero sin limitación, la pantalla 30 puede ser un panel LCD de diez centímetros con dieciséis milímetros (cuatro pulgadas) soportado mediante el alojamiento 12. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la pantalla 30 puede conectarse a una montura infinitamente ajustable configurada para permitir a la pantalla 30 ajustarse a cualquier posición con relación al alojamiento 12 de modo que un usuario puede visualizar la pantalla 30 en cualquier ángulo con relación al alojamiento 12. En algunas realizaciones, la pantalla 30 puede conectarse al módulo de monitor a través de cualquier tipo de cables de vídeo tales como, por ejemplo, un cable de vídeo de formato RGB o YCC.

Opcionalmente, el módulo 28 de reproducción puede configurarse para recibir datos desde el dispositivo 24 de almacenamiento descomprimidos e interpolar los datos de imagen y a continuación emitir los datos de imagen a la pantalla 30. En algunas realizaciones, el módulo 26 de monitor y el módulo 28 de reproducción pueden conectarse a la pantalla a través de un controlador de presentación intermediario (no mostrado). Como tal, la pantalla 30 puede conectarse con un único conector al controlador de presentación. El controlador de presentación puede configurarse para transferir datos desde el módulo 26 de monitor o del módulo 28 de reproducción a la pantalla 30.

La Figura 8 incluye un diagrama de flujo 50 que ilustra el procesamiento de datos de imagen mediante la cámara 10. En algunas realizaciones, el diagrama de flujo 50 puede representar una rutina de control almacenada en un dispositivo de memoria, tal como el dispositivo 24 de almacenamiento, u otro dispositivo de almacenamiento (no mostrado) en la cámara 10. Adicionalmente, una unidad de procesamiento central (CPU) (no mostrada) puede configurarse para ejecutar la rutina de control. La descripción a continuación de los métodos correspondientes al diagrama de flujo 50 se describe en el contexto del procesamiento de un único fotograma de datos de imagen de vídeo. Por lo tanto, las técnicas pueden aplicarse al procesamiento de una única imagen fija. Estos procesos pueden aplicarse también al procesamiento de vídeo continuo, por ejemplo, velocidades de fotograma de mayor de 12, así como velocidades de fotograma de 20, 23,976, 24, 30, 60 y 120, u otras velocidades de fotograma entre estas velocidades de fotograma o mayores.

Con referencia continuada a la Figura 8, la rutina de control puede comenzar en el bloque 52 de operación. En el bloque 52 de operación, la cámara 10 puede obtener datos del sensor. Por ejemplo, con referencia a la Figura 1, el sensor 18 de imagen, que puede incluir un Sensor y conjunto de chips de Bayer, puede emitir datos de imagen.

Por ejemplo, pero sin limitación, con referencia a la Figura 3, el sensor de imagen puede comprender un dispositivo CMOS que tiene un filtro de patrón de Bayer en su superficie de recepción de luz. Por lo tanto, la imagen enfocada desde el hardware 16 de óptica se enfoca en el filtro de patrón de Bayer en el dispositivo CMOS del sensor 18 de imagen. La Figura 3 ilustra un ejemplo del patrón de Bayer creado mediante la disposición del filtro de patrón de Bayer en el dispositivo CMOS.

En la Figura 3, la columna  $m$  es la cuarta columna desde el borde izquierdo del patrón de Bayer y la fila  $n$  es la cuarta fila desde la parte superior del patrón. Las restantes columnas y filas se etiquetan con relación a la columna  $m$  y a la fila  $n$ . Sin embargo, esta distribución se elige meramente de manera arbitraria para fines de ilustración, y no limita ninguna de las realizaciones o invenciones desveladas en el presente documento.

Como se ha indicado anteriormente, los filtros de patrón de Bayer conocidos a menudo incluyen dos veces más elementos de verdes que elementos de azules y de rojos. En el patrón de la figura 5, los elementos de azules únicamente aparecen en las filas  $n-3$ ,  $n-1$ ,  $n+1$  y  $n+3$ . Los elementos de rojos únicamente aparecen en las filas  $n-2$ ,  $n$ ,  $n+2$  y  $n+4$ . Sin embargo, los elementos de verdes aparecen en todas las filas y columnas, intercalados con los elementos de rojos y de azules.

Por lo tanto, en el bloque 52 de operación, la salida de datos de imagen de rojos, azules y verdes del sensor 18 de imagen puede recibirse mediante el módulo 20 de procesamiento de imagen y organizarse en componentes de datos de color separados, tales como aquellos ilustrados en la Figura 7. Como se muestra en la Figura 7, y como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 4, el módulo 20 de procesamiento de imagen puede separar los



datos de imagen de rojos, azules y verdes en cuatro componentes separados. La Figura 7 ilustra dos componentes de verdes (Verde 1 y Verde 2), un componente de azules y un componente de rojos. Sin embargo, esto es meramente una manera ejemplar de procesar datos de imagen desde el sensor 18 de imagen. Adicionalmente, como se ha indicado anteriormente, el módulo 20 de procesamiento de imagen, opcionalmente, puede borrar de manera arbitraria o de manera selectiva 1/2 de los datos de imagen de verdes.

Después del bloque 52 de operación, el diagrama de flujo 50 puede pasar al bloque 54 de operación. En el bloque 56 de operación, los datos de imagen pueden procesarse adicionalmente. Por ejemplo, opcionalmente, cualquiera o todos los datos resultantes (por ejemplo, verde 1, verde 2, los datos de imagen de azules de la Figura 9 y los datos de imagen de rojos de la Figura 10) pueden procesarse adicionalmente.

Por ejemplo, los datos de imagen pueden pre-acentuarse o procesarse de otras maneras. En algunas realizaciones, los datos de imagen pueden procesarse para ser más (matemáticamente) no lineales. Algunos algoritmos de compresión se benefician de realizar una linealización de este tipo en los elementos de imagen antes de la compresión. Sin embargo, pueden usarse también otras técnicas. Por ejemplo, los datos de imagen pueden procesarse con una curva lineal, que proporciona esencialmente no acentuación.

En algunas realizaciones, el bloque 54 de operación puede procesar los datos de imagen usando la curva definida mediante la función  $y=x^{0.5}$ . En algunas realizaciones, esta curva puede usarse donde los datos de imagen fueron, por ejemplo, pero sin limitación, datos de punto flotante en el intervalo 0-1 normalizado. En otras realizaciones, por ejemplo, donde los datos de imagen son datos de 12 bits, la imagen puede procesarse con la curva  $y=(x/4095)^{0.5}$ . Adicionalmente, los datos de imagen pueden procesarse con otras curvas, tal como  $y=(x+c)^g$  donde  $0,01 < g < 1$  y  $c$  es un desplazamiento, que puede ser 0 en algunas realizaciones. Adicionalmente, puede usarse también curvas logarítmicas. Por ejemplo, curvas en la forma  $y=A*\log(B*x+C)$  donde A, B y C son constantes elegidas para proporcionar los resultados deseados. Adicionalmente, las curvas y procesos anteriores pueden modificarse para proporcionar más áreas lineales en la proximidad del negro, similares a aquellas técnicas utilizadas en la curva de gamma Rec709 bien conocida. Al aplicar estos procesos a los datos de imagen, los mismos procesos pueden aplicarse a todos los datos de imagen, o pueden aplicarse procesos diferentes a los diferentes colores de datos de imagen. Sin embargo, estas curvas son meramente ejemplares que pueden usarse para procesar los datos de imagen, o puede usarse también curvas o transformaciones. Adicionalmente, estas técnicas de procesamiento pueden aplicarse usando funciones matemáticas tales como aquellas anteriormente indicadas, o con Tablas de Consulta (LUT). Adicionalmente, pueden usarse diferentes procesos, técnicas o transformaciones para diferentes tipos de datos de imagen, diferentes ajustes de ISO durante la grabación de los datos de imagen, temperaturas (que pueden afectar a los niveles de ruido), etc.

Después del bloque 54 de operación, el diagrama de flujo 50 puede pasar al bloque 56 de operación. En el bloque 56 de operación, los elementos de imagen de rojos y de azules se transforman. Los datos de imagen de verdes se restan de cada uno de los componentes de datos de imagen de azules y de rojos. Se resta un valor medio de los valores de datos de una pluralidad de elementos de imagen de verdes adyacentes del valor de datos de imagen de rojos o de azules. Los valores medios de 4 o más valores de datos de imagen de verdes se calculan y restan de los elementos de imagen de rojos o de azules en la proximidad de los elementos de imagen de verdes.

Por ejemplo, pero sin limitación, con referencia a la Figura 3, la salida en bruto para el elemento de rojos  $R_{m-2,n-2}$  está rodeada por cuatro elementos de imagen de verdes  $G_{m-2,n-3}$ ,  $G_{m-1,n-2}$ ,  $G_{m-3,n-2}$  y  $G_{m-2,n-1}$ . Por lo tanto, el elemento de rojos  $R_{m-2,n-2}$  puede transformarse restando la media de los valores de los elementos de verdes circundantes como sigue:

$$(1) \quad R_{m,n} = R_{m,n} - (G_{m,n-1} + G_{m+1,n} + G_{m,n+1} + G_{m-1,n})/4$$

De manera similar, los elementos de azules pueden transformarse de una manera similar restando la media de los elementos de verdes circundantes como sigue:

$$(2) \quad B_{m+1,n+1} = B_{m+1,n+1} - (G_{m+1,n} + G_{m+2,n+1} + G_{m+1,n+2} + G_{m,n+1})/4$$

La Figura 9 ilustra un componente de datos de azules resultante donde se transforman los datos en bruto de azules originales  $B_{m-1,n-1}$ , el nuevo valor etiquetado como  $B'_{m-1,n-1}$  (únicamente se rellena un valor en el componente y puede usarse la misma técnica para todos los elementos de azules). De manera similar, la Figura 10 ilustra el componente de datos de rojos que se han transformado en el que el elemento de rojos transformados  $R_{m-2,n-2}$  se identifica como  $R'_{m-2,n-2}$ . En este estado, los datos de imagen pueden considerarse aún datos "en bruto". Por ejemplo, el proceso matemático realizado en los datos es completamente reversible de manera que todos los valores originales pueden obtenerse invirtiendo estos procesos.

Con referencia continuada a la Figura 8, después del bloque 56 de operación, el diagrama de flujo 50 puede pasar a un bloque 58 de operación. En el bloque 58 de operación, los datos resultantes, que están en bruto o pueden estar

sustancialmente en bruto, pueden comprimirse adicionalmente usando cualquier algoritmo de compresión conocido. Por ejemplo, el módulo 22 de compresión (Figura 1) puede configurarse para realizar un algoritmo de compresión de este tipo. Después de la compresión, los datos en bruto comprimidos pueden almacenarse en el dispositivo 24 de almacenamiento (Figura 1).

5 La Figura 8A ilustra una modificación del diagrama de flujo 50, identificada mediante el número 50' de referencia. Algunas de las etapas anteriormente descritas con referencia al diagrama de flujo 50 pueden ser similares o las mismas que algunas de las etapas correspondientes del diagrama de flujo 50' y por lo tanto se identifican con los mismos números de referencia.

10 Como se muestra en la Figura 8A, el diagrama de flujo 50', en algunas realizaciones, puede omitir opcionalmente el bloque 54 de operación. En algunas realizaciones, el diagrama de flujo 50' puede incluir también un bloque 57 de operación en el que puede aplicarse una tabla de consulta a los datos de imagen. Por ejemplo, una tabla de consulta opcional, representada mediante la curva de la Figura 11, puede usarse para mejorar compresión adicional. En algunas realizaciones, la tabla de consulta de la Figura 11 se usa únicamente para los elementos de imagen de verdes. En otras realizaciones, la tabla de consulta puede usarse también para los elementos de imagen de rojos y de azules. La misma tabla de consulta puede usarse para los tres colores diferentes, o cada color puede tener su propia tabla de consulta. Adicionalmente, pueden aplicarse también procesos distintos a los representados mediante la curva de la Figura 11.

20 Al procesar los datos de imagen de la manera anteriormente descrita con referencia a las Figuras 8 y 8A, se ha descubierto que los datos de imagen del sensor 18 de imagen pueden comprimirse mediante una relación de compresión de 6 a 1 o mayor y permanecer visualmente sin pérdida. Adicionalmente, aunque se hayan transformado los datos de imagen (por ejemplo, mediante la resta de datos de imagen de verdes) todos los datos de imagen en bruto están disponibles aún para el usuario final. Por ejemplo, invirtiendo ciertos de los procesos, todos o sustancialmente todos los datos en bruto originales pueden extraerse y por lo tanto procesarse, filtrarse y/o interpolarse adicionalmente usando cualquier proceso que el usuario desee.

30 Por ejemplo, con referencia a la Figura 12, los datos almacenados en el dispositivo 24 de almacenamiento pueden descomprimirse e interpolarse. Opcionalmente, la cámara 10 puede configurarse para realizar el método ilustrado mediante el diagrama de flujo 60. Por ejemplo, pero sin limitación, el módulo 28 de reproducción puede configurarse para realizar el método ilustrado mediante el diagrama de flujo 60. Sin embargo, un usuario puede transferir también los datos desde el dispositivo 24 de almacenamiento en una estación de trabajo separada y aplicar cualquiera o todas las etapas y/u operaciones del diagrama de flujo 60.

35 Con referencia continuada a la Figura 12, el diagrama de flujo 60 puede comenzar con el bloque 62 de operación, en el que se descomprimen los datos desde el dispositivo 24 de almacenamiento. Por ejemplo, la descompresión de los datos en el bloque 62 de operación puede ser la inversa del algoritmo de compresión realizado en el bloque 58 operacional (Figura 8). Después del bloque 62 de operación, el diagrama de flujo 60 puede pasar a un bloque 64 de operación.

40 En el bloque 64 de operación, puede invertirse un proceso realizado en el bloque 56 de operación (Figura 8). Por ejemplo, la inversa de la curva de la Figura 11 o la inversa de cualquiera de las otras funciones anteriormente descritas con referencia al bloque 56 de operación de las Figuras 8 y 8A, puede aplicarse a los datos de imagen. Después del bloque 64 de operación, el diagrama de flujo 60 puede pasar a la etapa 66.

50 En el bloque 66 de operación, los elementos de imagen de verdes pueden interpolarse. Por ejemplo, como se ha indicado anteriormente, todos los valores de los componentes de datos Verde 1 y/o Verde 2 (Figura 7) pueden almacenarse en el dispositivo 24 de almacenamiento. Por ejemplo, con referencia a la Figura 5, los datos de imagen de verdes de los componentes de datos Verde 1, Verde 2 pueden disponerse de acuerdo con el patrón de Bayer original aplicado mediante el sensor 18 de imagen. Los datos de verdes a continuación pueden interpolarse adicionalmente mediante cualquier técnica conocida, tal como, por ejemplo, interpolación lineal, bilineal, etc.

55 La Figura 13 ilustra una distribución ejemplar de datos de imagen de verdes interpolados de todos los datos de imagen de verdes en bruto. Los elementos de imagen de verdes identificados mediante la letra  $G_x$  representan datos de imagen en bruto (descomprimidos) originales y los elementos identificados con "DG<sub>x</sub>" representan elementos que se obtuvieron de los datos originales a través del proceso de interpolación. Esta nomenclatura se usa con respecto a las descripciones a continuación del proceso de interpolación para los otros colores. La Figura 14 ilustra una distribución de datos de imagen ejemplar para datos de imagen de verdes interpolados a partir del  $\frac{1}{2}$  de los datos de imagen de verdes originales.

60 Con referencia continuada a la Figura 12, el diagrama de flujo 60 puede, después del bloque 66 de operación, pasar a un bloque 68 de operación. En el bloque 68 de operación, los datos de imagen de verdes interpolados pueden procesarse adicionalmente. Por ejemplo, pero sin limitación, pueden aplicarse técnicas de reducción de ruido a los datos de imagen de verdes. Sin embargo, puede aplicarse también cualquier otra técnica de procesamiento de imagen, tal como técnicas anti-solapamiento, a los datos de imagen de verdes. Después del bloque 68 de operación,

el diagrama de flujo 60 puede pasar a un bloque 70 de operación.

En el bloque 70 de operación, los datos de imagen de rojos y de azules pueden interpolarse. Por ejemplo, en primer lugar, los datos de imagen de azules de la Figura 9 pueden redimensionarse de acuerdo con el patrón de Bayer original (Figura 15). Los elementos circundantes, como se muestra en la Figura 16, pueden interpolarse a partir de los datos de imagen de azules existentes usando cualquier técnica de interpolación conocida, incluyendo interpolación lineal, bilineal, etc. Como resultado de la etapa de interpolación, habrá datos de imagen de azules por cada píxel como se muestra en la Figura 16. Sin embargo, estos datos de imagen de azules se interpolaron basándose en los datos de imagen de azules modificados de la Figura 9, es decir, valores de datos de imagen de azules a partir de los que se restaron los valores de datos de imagen de verdes.

El bloque 70 de operación puede incluir también un proceso de interpolación de los datos de imagen de rojos. Por ejemplo, los datos de imagen de rojos de la Figura 10 pueden redimensionarse de acuerdo con el patrón de Bayer original e interpolarse adicionalmente mediante cualquier proceso de interpolación conocido como interpolación lineal, bilineal, etc.

Después del bloque 70 de operación, el diagrama de flujo puede pasar a un bloque 72 de operación. En el bloque 72 de operación, los datos de imagen de rojos y de azules interpolados pueden reconstruirse a partir de los datos de imagen de verdes interpolados.

En algunas realizaciones, cada uno de los elementos de datos de imagen de rojos y de azules pueden reconstruirse añadiendo en el valor de verde a partir del elemento de imagen de verde en el mismo emplazamiento (el elemento de imagen de verdes en la misma posición de columna "m" y de fila "n"). Por ejemplo, después de interpolar, los datos de imagen de azules incluyen un valor de elemento de azules  $DB_{m-2,n-2}$ . Puesto que el patrón de Bayer original de la Figura 3 no incluyó un elemento de azules en esta posición, este valor de azules  $DB_{m-2,n-2}$  se obtuvo a través del proceso de interpolación anteriormente indicado, basado en, por ejemplo, los valores de azules a partir de uno cualquiera de los elementos  $B_{m-3,n-3}$ ,  $B_{m-1,n-3}$ ,  $B_{m-3,n-1}$  y  $B_{m-1,n-1}$  o mediante cualquier otra técnica u otros elementos de imagen de azules. Como se ha indicado anteriormente, estos valores se modificaron en el bloque 54 de operación (Figura 8) y por lo tanto no corresponden a los datos de imagen de azules originales detectados mediante el sensor 18 de imagen. En su lugar, se había restado un valor de verdes medio a partir de cada uno de estos valores. Por lo tanto, los datos de imagen de azules resultantes  $DB_{m-2,n-2}$  representan también datos de azules a partir de los cuales se han restado los datos de imagen de verdes. Por lo tanto, en una realización, los datos de imagen de verdes interpolados para el elemento  $DG_{m-2,n-2}$  pueden añadirse al valor de imagen de azules  $DB_{m-2,n-2}$  dando como resultado de esta manera un valor de datos de imagen de azules reconstruido.

En algunas realizaciones, opcionalmente, los datos de imagen de azules y/o de rojos pueden reconstruirse en primer lugar antes de interpolarse. Por ejemplo, los datos de imagen de azules transformados  $B'_{m-1,n-1}$  pueden reconstruirse en primer lugar añadiendo el valor medio de los elementos de verdes circundantes. Esto daría como resultado obtener o recalcular los datos de imagen de azules originales  $B_{m-1,n-1}$ . Este proceso puede realizarse en todos los datos de imagen de azules. Posteriormente, los datos de imagen de azules pueden interpolarse adicionalmente mediante cualquier técnica de interpolación conocida. Los datos de imagen de rojos pueden procesarse también de la misma manera o similar.

La Figura 12A ilustra una modificación del diagrama de flujo 60, identificada mediante el número 60' de referencia. Algunas de las etapas anteriormente descritas con referencia al diagrama de flujo 60 pueden ser similares o las mismas que algunas de las etapas correspondientes del diagrama de flujo 60' y por lo tanto se identifican con los mismos números de referencia.

Como se muestra en la Figura 12A, el diagrama de flujo 60' puede incluir el bloque 68' de operación que sigue al bloque 62 de operación. En el bloque 68' de operación, puede realizarse una técnica de reducción de ruido en los datos de imagen. Por ejemplo, pero sin limitación, pueden aplicarse técnicas de reducción de ruido a los datos de imagen de verdes. Sin embargo, puede aplicarse también cualquier otra técnica de procesamiento, tales como técnicas anti-solapamiento, a los datos de imagen de verdes. Después del bloque 68' de operación, el diagrama de flujo puede pasar al bloque 70' de operación.

En el bloque 70' de operación, los datos de imagen pueden interpolarse. En la descripción anteriormente expuesta con referencia a los bloques 66 y 70 de operación, los datos de imagen de verdes, rojos y azules pueden interpolarse en dos etapas. Sin embargo, en el presente diagrama de flujo 60', la interpolación de los tres colores de datos de imagen se representa en una única etapa, aunque pueden usarse las mismas técnicas de interpolación anteriormente descritas para este proceso de interpolación. Después del bloque 70' de operación, el diagrama de flujo puede pasar al bloque 72 de operación, en el que los datos de imagen de rojos y azules pueden reconstruirse, y al bloque 64 de operación en el que puede aplicarse una tabla de consulta inversa.

Después de que se han descomprimido y procesado los datos de imagen de acuerdo con cualquiera de los diagramas de flujo 70 o 70', o cualquier otro proceso adecuado, los datos de imagen pueden procesarse adicionalmente como datos de imagen interpolados.

Al interpolar los datos de imagen de verdes antes de reconstruir los datos de imagen de rojos y de azules, pueden conseguirse ciertas ventajas adicionales. Por ejemplo, como se ha indicado anteriormente, el ojo humano es más sensible a la luz verde. Interpolar y procesar los datos de imagen de verdes optimiza los valores de imagen de verdes, para los que el ojo humano es más sensible. Por lo tanto, la reconstrucción posterior de los datos de imagen de rojos y de azules se verá afectada mediante el procesamiento de los datos de imagen de verdes.

Adicionalmente, los patrones de Bayer tienen dos veces más elementos de verdes que los elementos de rojos y de azules. Por lo tanto, en realizaciones donde se conservan todos los datos de verdes, hay dos veces más datos de imagen para los elementos de verdes en comparación con los elementos de datos de imagen de rojos o de azules. Por lo tanto, las técnicas de interpolación, filtros y otras técnicas de procesamiento de imagen dan como resultado una imagen mejor interpolada, definida o filtrada de otra manera. Usando estos valores interpolados para reconstruir e interpolar los datos de imagen de rojos y de azules transfiere los beneficios asociados con la resolución superior de los datos de verdes originales para el proceso, reconstrucción e interpolación de los elementos de rojos y de azules. Como tal, la imagen resultante se mejora adicionalmente.

15

## REIVINDICACIONES

1. Una cámara (10) de vídeo que comprende:

- 5 un alojamiento (12) portátil;  
 un conjunto (16) de lente soportado mediante el alojamiento y configurado para enfocar luz;  
 un dispositivo (18) sensible a la luz configurado para convertir la luz enfocada en datos de imagen en mosaico en  
 bruto que representan al menos primer, segundo y tercer colores de la luz enfocada;  
 un dispositivo (24) de memoria; y  
 10 un sistema (20, 22) de procesamiento de imagen que comprende un módulo de compresión configurado para  
 ejecutar un algoritmo que comprime para almacenar en el dispositivo de memoria los datos de imagen en  
 mosaico en bruto de manera que los datos de imagen en mosaico en bruto comprimidos permanecen  
 visualmente sin pérdida, de manera que una inspección visual no puede determinar entre una imagen original y  
 los datos de imagen en bruto comprimidos, **caracterizado por que** el dispositivo sensible a la luz está  
 15 configurado para convertir con una resolución de al menos 2k a una velocidad de fotograma de al menos  
 veintitrés fotogramas por segundo, y **por que** el sistema de procesamiento de imagen comprende un módulo (20)  
 de procesamiento de imagen configurado para calcular una media de valores de datos de imagen del tercer color  
 a partir de al menos cuatro células de sensor adyacentes a una célula de sensor del primer color para obtener un  
 primer valor de media, y para calcular una media de valores de datos de imagen del tercer color a partir de al  
 20 menos cuatro células de sensor adyacentes a una célula de sensor del segundo color para obtener un segundo  
 valor medio, y para modificar los datos de imagen restando el primer valor medio a partir de un valor de los datos  
 de imagen a partir de la célula de sensor del primer color y restar el segundo valor medio de un valor de los datos  
 de imagen de la célula de sensor del segundo color, y a continuación de la resta el sistema de procesamiento de  
 imagen está configurado para comprimir los datos de imagen en mosaico en bruto modificados y almacenar los  
 25 datos de imagen en mosaico en bruto comprimidos a una velocidad de al menos 23 fotogramas por segundo.

2. Una cámara de vídeo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el sistema (20, 22) de procesamiento de imagen  
 está configurado para comprimir los datos de imagen del primer, segundo y tercer colores después de que el módulo  
 de procesamiento de imagen ha modificado los datos de imagen que representan al menos uno del primer y  
 30 segundo colores.

3. Una cámara de vídeo de acuerdo con la reivindicación 1, donde el dispositivo (18) sensible a la luz incluye un  
 primer grupo de células de sensor configuradas para detectar el primer color, un segundo grupo de células de  
 sensor configuradas para detectar el segundo color y un tercer grupo de células de sensor configuradas para  
 35 detectar el tercer color, comprendiendo el tercer grupo de células de sensor dos veces más células de sensor que el  
 segundo grupo de células de sensor, y donde el sistema de procesamiento de imagen está configurado para borrar  
 aproximadamente la mitad de los datos de imagen que representan el tercer color.

4. Una cámara de vídeo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el módulo (22) de compresión está  
 40 dispuesto en el alojamiento y que comprende un chip de compresión separado.

5. Una cámara de vídeo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el sistema de procesamiento de  
 imagen está configurado para comprimir los datos a una relación de compresión de al menos seis a uno.

45 6. Una cámara de vídeo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el dispositivo (24) de memoria está  
 dispuesto en el alojamiento (12).

7. Un método para grabar un vídeo en movimiento con una cámara (10), comprendiendo el método:

- 50 guiar luz en un dispositivo (18) sensible a la luz;  
 convertir la luz recibida mediante el dispositivo sensible a la luz en datos de imagen digital en mosaico en bruto  
 que representan al menos primer, segundo y tercer colores;  
 comprimir los datos de imagen digital en mosaico en bruto; y  
 grabar los datos de imagen en mosaico en bruto en un dispositivo de almacenamiento de manera que los datos  
 55 de imagen en mosaico en bruto comprimidos permanecen sustancialmente visualmente sin pérdida, de manera  
 que una inspección visual no puede determinar entre una imagen original y los datos de imagen en mosaico en  
 bruto comprimidos, **caracterizado por que** la luz se convierte con una resolución de al menos 2k a una  
 velocidad de fotograma de al menos veintitrés fotogramas por segundo, y el método comprende calcular una  
 media de valores de datos de imagen del tercer color a partir de al menos cuatro células de sensor adyacentes a  
 60 una célula de sensor del primer color para obtener un primer valor medio, y calcular una media de valores de  
 datos de imagen del tercer color a partir de al menos cuatro células de sensor adyacentes a una célula de sensor  
 del segundo color para obtener un segundo valor medio, y modificar los datos de imagen restando el primer valor  
 medio a partir de un valor de los datos de imagen a partir de la célula de sensor del primer color y restar el  
 segundo valor medio a partir de un valor de los datos de imagen a partir de la célula de sensor del segundo color,  
 65 y a continuación la resta de los datos de imagen en bruto se graba a al menos veintitrés fotogramas por segundo.

8. El método de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 7, donde la etapa de comprimir los datos de imagen digital en mosaico en bruto comprende comprimir los datos de imagen digital en bruto mediante un chip (22) de compresión separado en un alojamiento de la cámara.
- 5 9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, donde la etapa de comprimir los datos de imagen digital en mosaico en bruto comprende comprimir los datos de imagen digital en bruto a una relación de compresión eficaz de al menos 6 a 1.
- 10 10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, donde la etapa de grabar comprende almacenar los datos de imagen digital en bruto comprimidos en un dispositivo (24) de memoria dispuesto en el alojamiento.

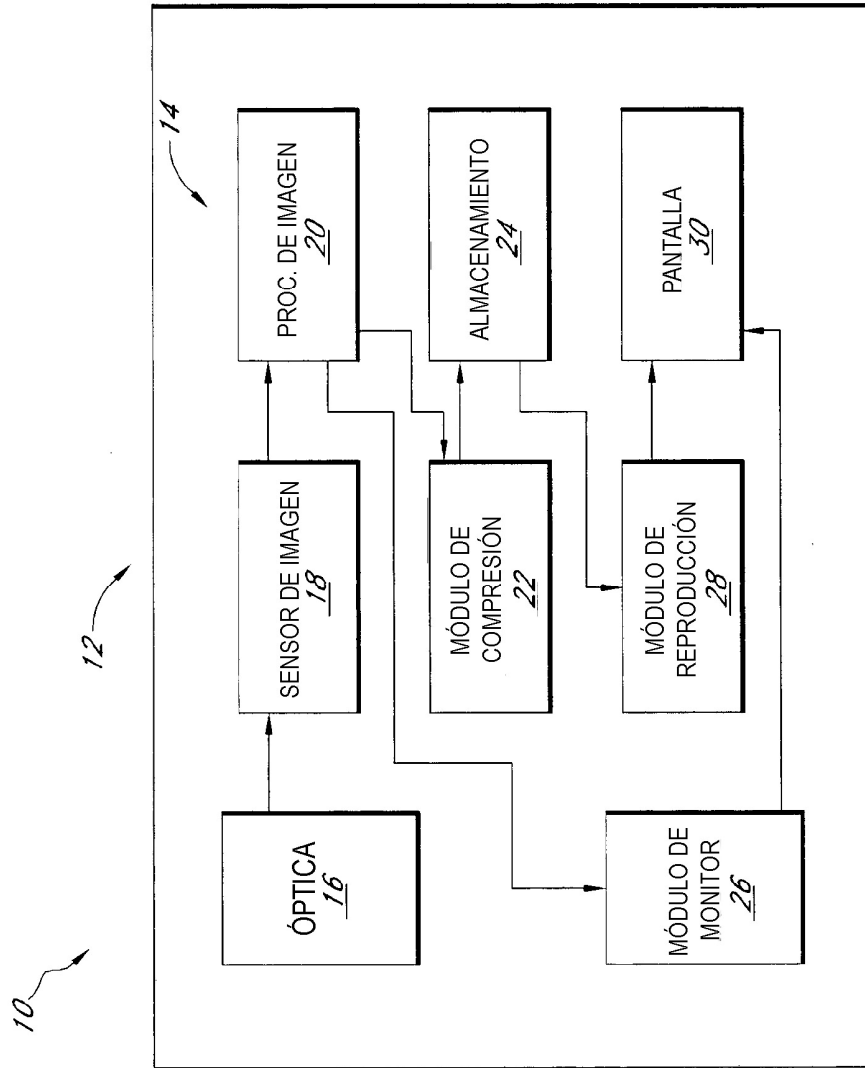


FIG. 1

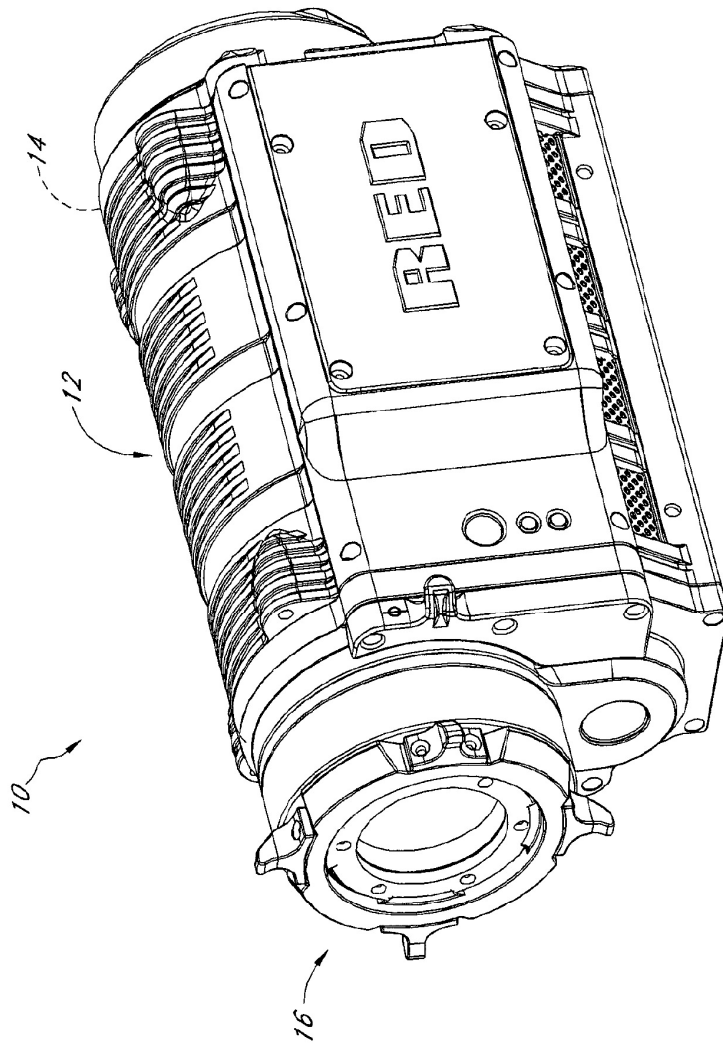


FIG. 2



	$m-3$	$m-2$	$m-1$	$m$	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$
$n-3$	$B_{m-3,n-3}$	$G_{m-2,n-3}$	$B_{m-1,n-3}$	$C_{m,n-3}$	$B_{m+1,n-3}$	$C_{m+2,n-3}$	$B_{m+3,n-3}$	$G_{m+4,n-3}$
$n-2$	$C_{m-3,n-2}$	$R_{m-2,n-2}$	$G_{m-1,n-2}$	$R_{m,n-2}$	$G_{m+1,n-2}$	$R_{m+2,n-2}$	$C_{m+3,n-2}$	$R_{m+4,n-2}$
$n-1$	$B_{m-3,n-1}$	$G_{m-2,n-1}$	$B_{m-1,n-1}$	$C_{m,n-1}$	$B_{m+1,n-1}$	$C_{m+2,n-1}$	$B_{m+3,n-1}$	$G_{m+4,n-1}$
$n$	$C_{m-3,n}$	$R_{m-2,n}$	$G_{m-1,n}$	$R_{m,n}$	$C_{m+1,n}$	$R_{m+2,n}$	$G_{m+3,n}$	$R_{m+4,n}$
$n+1$	$B_{m-3,n+1}$	$G_{m-2,n+1}$	$B_{m-1,n+1}$	$C_{m,n+1}$	$B_{m+1,n+1}$	$C_{m+2,n+1}$	$B_{m+3,n+1}$	$G_{m+4,n+1}$
$n+2$	$C_{m-3,n+2}$	$R_{m-2,n+2}$	$G_{m-1,n+2}$	$R_{m,n+2}$	$C_{m+1,n+2}$	$R_{m+2,n+2}$	$C_{m+3,n+2}$	$R_{m+4,n+2}$
$n+3$	$B_{m-3,n+3}$	$G_{m-2,n+3}$	$B_{m-1,n+3}$	$C_{m,n+3}$	$B_{m+1,n+3}$	$C_{m+2,n+3}$	$B_{m+3,n+3}$	$C_{m+4,n+3}$
$n+4$	$C_{m-3,n+4}$	$R_{m-2,n+4}$	$G_{m-1,n+4}$	$R_{m,n+4}$	$C_{m+1,n+4}$	$R_{m+2,n+4}$	$C_{m+3,n+4}$	$R_{m+4,n+4}$

FIG. 3

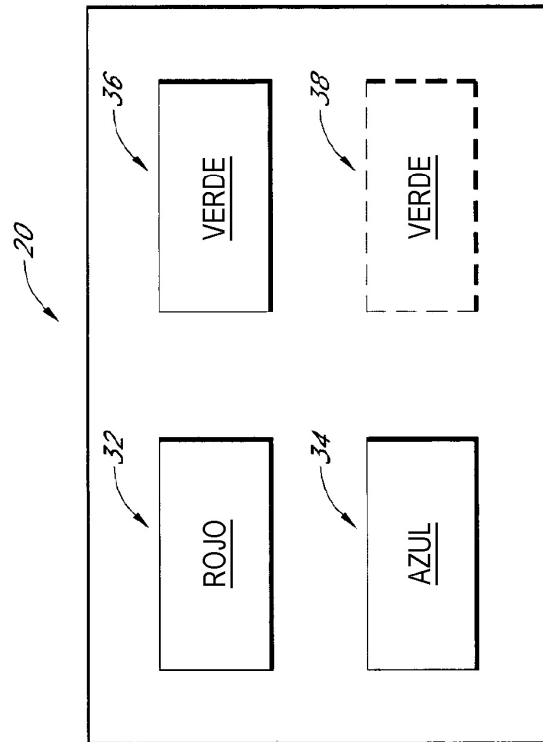


FIG. 4

	$m-3$	$m-2$	$m-1$	$m$	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$
$n-3$		$G_{m-2,n-3}$		$G_{m,n-3}$		$G_{m+2,n-3}$		$G_{m+4,n-3}$
$n-2$	$G_{m-3,n-2}$		$G_{m-1,n-2}$		$G_{m+1,n-2}$		$G_{m+3,n-2}$	
$n-1$		$G_{m-2,n-1}$		$G_{m,n-1}$		$G_{m+2,n-1}$		$G_{m+4,n-1}$
$n$	$G_{m-3,n}$		$G_{m-1,n}$		$G_{m+1,n}$		$G_{m+3,n}$	
$n+1$		$G_{m-2,n+1}$		$G_{m,n+1}$		$G_{m+2,n+1}$		$G_{m+4,n+1}$
$n+2$	$G_{m-3,n+2}$		$G_{m-1,n+2}$		$G_{m+1,n+2}$		$G_{m+3,n+2}$	
$n+3$		$G_{m-2,n+3}$		$G_{m,n+3}$		$G_{m+2,n+3}$		$G_{m+4,n+3}$
$n+4$	$G_{m-3,n+4}$		$G_{m-1,n+4}$		$G_{m+1,n+4}$		$G_{m+3,n+4}$	

FIG. 5

$n-3$								
$n-2$	$G_{m-3,n-2}$	$G_{m-1,n-2}$	$G_{m+1,n-2}$	$G_{m+3,n-2}$				
$n-1$								
$n$	$G_{m-3,n}$	$G_{m-1,n}$	$G_{m+1,n}$	$G_{m+3,n}$				
$n+1$								
$n+2$	$G_{m-3,n+2}$	$G_{m-1,n+2}$	$G_{m+1,n+2}$	$G_{m+3,n+2}$				
$n+3$								
$n+4$	$G_{m-3,n+4}$	$G_{m-1,n+4}$	$G_{m+1,n+4}$	$G_{m+3,n+4}$				

FIG. 6

$G_{m-3,n-2}$	$G_{m-1,n-2}$	$G_{m+1,n-2}$	$G_{m+3,n-2}$
$G_{m-3,n}$	$G_{m-1,n}$	$G_{m+1,n}$	$G_{m+3,n}$
$G_{m-3,n+2}$	$G_{m-1,n+2}$	$G_{m+1,n+2}$	$G_{m+3,n+2}$
$G_{m-3,n++}$	$G_{m-1,n++}$	$G_{m+1,n++}$	$G_{m+3,n++}$

VERDE 2

$R_{m-2,n-2}$	$R_{m,n-2}$	$R_{m+2,n-2}$	$R_{m+4,n-2}$
$R_{m-2,n}$	$R_{m,n}$	$R_{m+2,n}$	$R_{m+4,n}$
$R_{m-2,n+2}$	$R_{m,n+2}$	$R_{m+2,n+2}$	$R_{m+4,n+2}$
$R_{m-2,n++}$	$R_{m,n++}$	$R_{m+2,n++}$	$R_{m+4,n++}$

ROJO

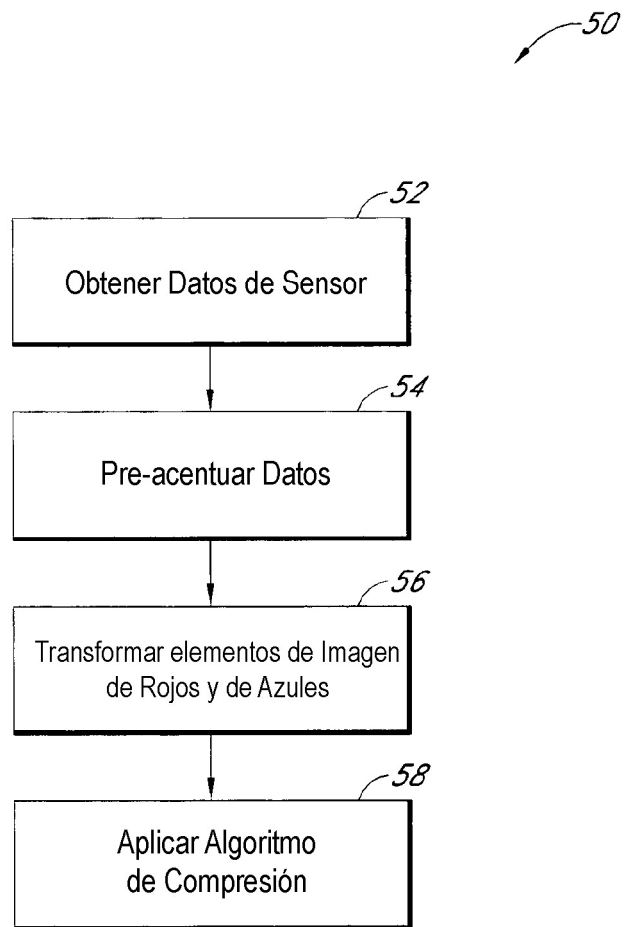
$G_{m-2,n-3}$	$G_{m,n-3}$	$G_{m+2,n-3}$	$G_{m+4,n-3}$
$G_{m-2,n-1}$	$G_{m,n-1}$	$G_{m+2,n-1}$	$G_{m+4,n-1}$
$G_{m-2,n+1}$	$G_{m,n+1}$	$G_{m+2,n+1}$	$G_{m+4,n+1}$
$G_{m-2,n+3}$	$G_{m,n+3}$	$G_{m+2,n+3}$	$G_{m+4,n+3}$

VERDE 1

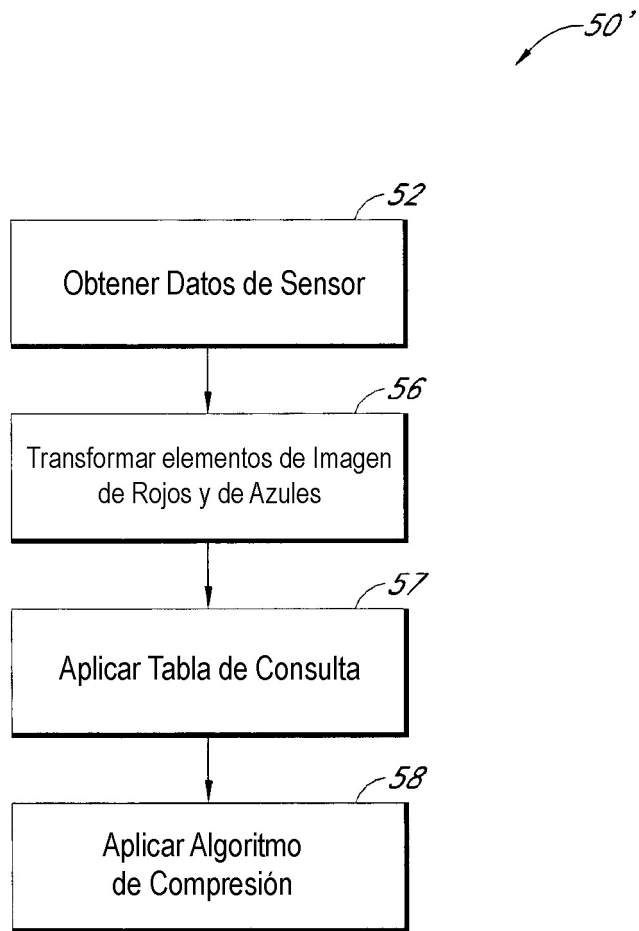
$B_{m-3,n-3}$	$B_{m-1,n-3}$	$B_{m+1,n-3}$	$B_{m+3,n-3}$
$B_{m-3,n-1}$	$B_{m-1,n-1}$	$B_{m+1,n-1}$	$B_{m+3,n-1}$
$B_{m-3,n+1}$	$B_{m-1,n+1}$	$B_{m+1,n+1}$	$B_{m+3,n+1}$
$B_{m-3,n+3}$	$B_{m-1,n+3}$	$B_{m+1,n+3}$	$B_{m+3,n+3}$

AZUL

FIG. 7



*FIG. 8*



*FIG. 8A*

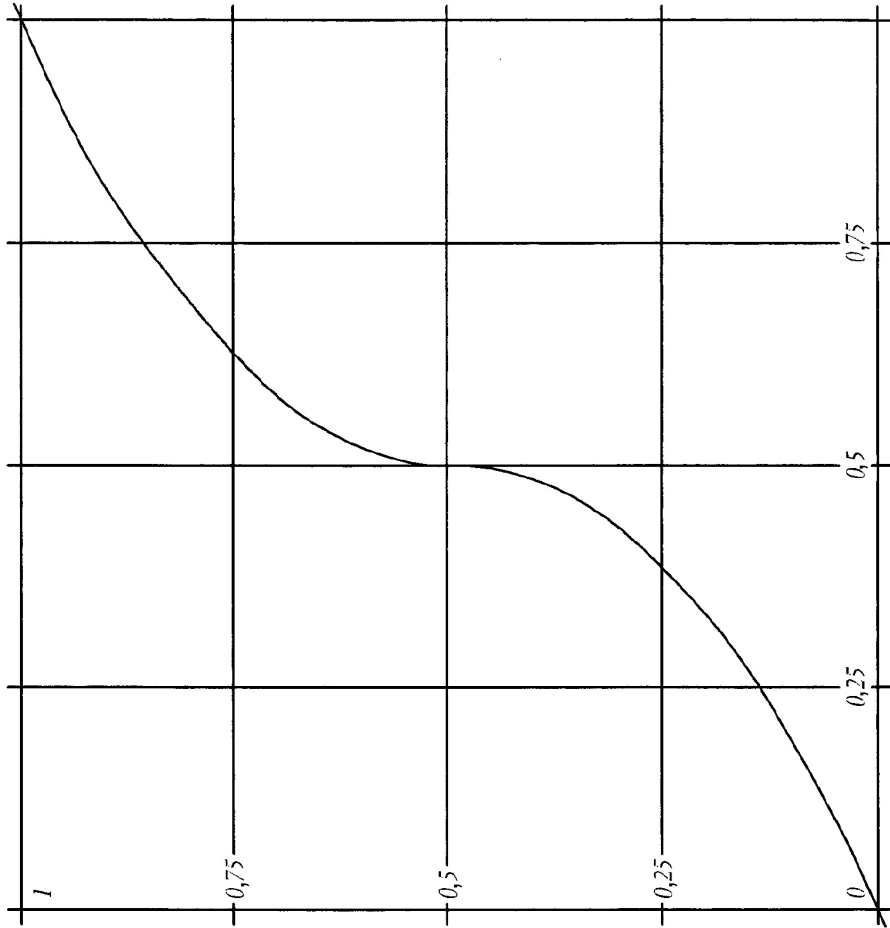
	$B'_{m-1, n-1} =$ $B_{m-1, n-1} -$ $(G_{m-1, n-2} + G_{m, n-1} +$ $G_{m-1, n} + G_{m-2, n-1})/4$		

*FIG. 9*

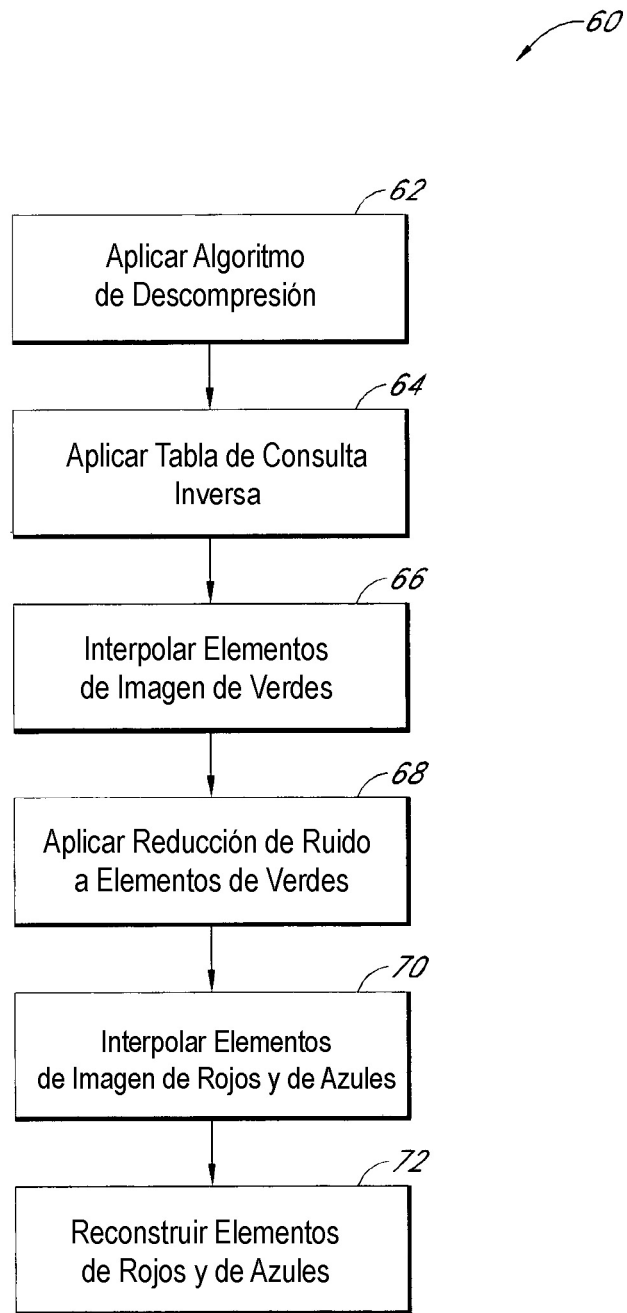


	$R_{m-2, n-2}^1 =$ $R_{m-2, n-2} -$ $(C_{m-2, n-3} + C_{m-1, n-2} +$ $C_{m-2, n-1} + C_{m-3, n-2})/4$		

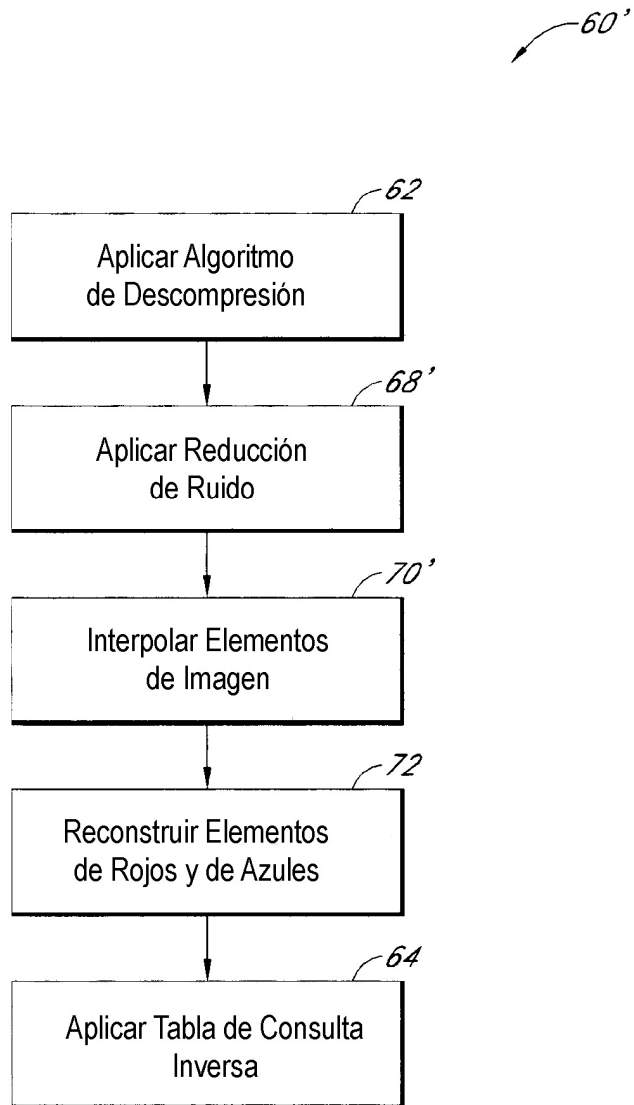
*FIG. 10*



*FIG. 11*



*FIG. 12*



*FIG. 12A*

	$m-3$	$m-2$	$m-1$	$m$	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$
$n-3$	$DG_{m-3,n-3}$	$G_{m-2,n-3}$	$DC_{m-1,n-3}$	$G_{m,n-3}$	$DC_{m+1,n-3}$	$G_{m+2,n-3}$	$DC_{m+3,n-3}$	$G_{m+4,n-3}$
$n-2$	$G_{m-3,n-2}$	$DC_{m-2,n-2}$	$G_{m-1,n-2}$	$DC_{m,n-2}$	$G_{m+1,n-2}$	$DC_{m+2,n-2}$	$G_{m+3,n-2}$	$DC_{m+4,n-2}$
$n-1$	$DC_{m-3,n-1}$	$G_{m-2,n-1}$	$DC_{m-1,n-1}$	$G_{m,n-1}$	$DC_{m+1,n-1}$	$G_{m+2,n-1}$	$DC_{m+3,n-1}$	$G_{m+4,n-1}$
$n$	$G_{m-3,n}$	$DC_{m-2,n}$	$G_{m-1,n}$	$DC_{m,n}$	$G_{m+1,n}$	$DC_{m+2,n}$	$G_{m+3,n}$	$DC_{m+4,n}$
$n+1$	$DC_{m-3,n+1}$	$G_{m-2,n+1}$	$DC_{m-1,n+1}$	$G_{m,n+1}$	$DC_{m+1,n+1}$	$G_{m+2,n+1}$	$DC_{m+3,n+1}$	$G_{m+4,n+1}$
$n+2$	$G_{m-3,n+2}$	$DC_{m-2,n+2}$	$G_{m-1,n+2}$	$DC_{m,n+2}$	$G_{m+1,n+2}$	$DC_{m+2,n+2}$	$G_{m+3,n+2}$	$DC_{m+4,n+2}$
$n+3$	$DC_{m-3,n+3}$	$G_{m-2,n+3}$	$DC_{m-1,n+3}$	$G_{m,n+3}$	$DC_{m+1,n+3}$	$G_{m+2,n+3}$	$DC_{m+3,n+3}$	$G_{m+4,n+3}$
$n+4$	$G_{m-3,n+4}$	$DC_{m-2,n+4}$	$G_{m-1,n+4}$	$DC_{m,n+4}$	$G_{m+1,n+4}$	$DC_{m+2,n+4}$	$G_{m+3,n+4}$	$DC_{m+4,n+4}$

FIG. 13

	$n-3$	$m-2$	$m-1$	$m$	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$
$n-3$	$DC_{m-3,n-3}$	$DC_{m-2,n-3}$	$DC_{m-1,n-3}$	$DC_{m,n-3}$	$DC_{m+1,n-3}$	$DC_{m+2,n-3}$	$DC_{m+3,n-3}$	$DC_{m+4,n-3}$
$n-2$	$G_{m-3,n-2}$	$DG_{m-2,n-2}$	$G_{m-1,n-2}$	$DC_{m,n-2}$	$G_{m+1,n-2}$	$DG_{m+2,n-2}$	$G_{m+3,n-2}$	$DG_{m+4,n-2}$
$n-1$	$DG_{m-3,n-1}$	$DG_{m-2,n-1}$	$DC_{m-1,n-1}$	$DC_{m,n-1}$	$DC_{m+1,n-1}$	$DC_{m+2,n-1}$	$DC_{m+3,n-1}$	$DC_{m+4,n-1}$
$n$	$G_{m-3,n}$	$DG_{m-2,n}$	$G_{m-1,n}$	$DC_{m,n}$	$G_{m+1,n}$	$DC_{m+2,n}$	$G_{m+3,n}$	$DC_{m+4,n}$
$n+1$	$DG_{m-3,n+1}$	$DC_{m-2,n+1}$	$DC_{m-1,n+1}$	$DC_{m,n+1}$	$DC_{m+1,n+1}$	$DC_{m+2,n+1}$	$DC_{m+3,n+1}$	$DC_{m+4,n+1}$
$n+2$	$G_{m-3,n+2}$	$DC_{m-2,n+2}$	$G_{m-1,n+2}$	$DG_{m,n+2}$	$G_{m+1,n+2}$	$DG_{m+2,n+2}$	$G_{m+3,n+2}$	$DG_{m+4,n+2}$
$n+3$	$DG_{m-3,n+3}$	$DC_{m-2,n+3}$	$DC_{m-1,n+3}$	$DC_{m,n+3}$	$DC_{m+1,n+3}$	$DC_{m+2,n+3}$	$DC_{m+3,n+3}$	$DC_{m+4,n+3}$
$n+4$	$G_{m-3,n+4}$	$DC_{m-2,n+4}$	$G_{m-1,n+4}$	$DG_{m,n+4}$	$G_{m+1,n+4}$	$DC_{m+2,n+4}$	$G_{m+3,n+4}$	$DC_{m+4,n+4}$

FIG. 14

	$m-3$	$m-2$	$m-1$	$m$	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$
$n-3$	$B_{m-3,n-3}$		$B_{m-1,n-3}$		$B_{m+1,n-3}$		$B_{m+3,n-3}$	
$n-2$								
$n-1$	$B_{m-3,n-1}$		$B_{m-1,n-1}$		$B_{m+1,n-1}$		$B_{m+3,n-1}$	
$n$								
$n+1$	$B_{m-3,n+1}$		$B_{m-1,n+1}$		$B_{m+1,n+1}$		$B_{m+3,n+1}$	
$n+2$								
$n+3$	$B_{m-3,n+3}$		$B_{m-1,n+3}$		$B_{m+1,n+3}$		$B_{m+3,n+3}$	
$n+4$								

FIG. 15

	$m-3$	$m-2$	$m-1$	$m$	$m+1$	$m+2$	$m+3$	$m+4$
$n-3$	$B_{m-3,n-3}$	$DB_{m-2,n-3}$	$B_{m-1,n-3}$	$DB_{m,n-3}$	$B_{m+1,n-3}$	$DB_{m+2,n-3}$	$B_{m+3,n-3}$	$DB_{m+4,n-3}$
$n-2$	$DB_{m-3,n-2}$	$DB_{m-2,n-2}$	$DB_{m-1,n-2}$	$DB_{m,n-2}$	$DB_{m+1,n-2}$	$DB_{m+2,n-2}$	$DB_{m+3,n-2}$	$DB_{m+4,n-2}$
$n-1$	$B_{m-3,n-1}$	$DB_{m-2,n-1}$	$B_{m-1,n-1}$	$DB_{m,n-1}$	$B_{m+1,n-1}$	$DB_{m+2,n-1}$	$B_{m+3,n-1}$	$DB_{m+4,n-1}$
$n$	$DB_{m-3,n}$	$DB_{m-2,n}$	$DB_{m-1,n}$	$DB_{m,n}$	$DB_{m+1,n}$	$DB_{m+2,n}$	$DB_{m+3,n}$	$DB_{m+4,n}$
$n+1$	$B_{m-3,n+1}$	$DB_{m-2,n+1}$	$B_{m-1,n+1}$	$DB_{m,n+1}$	$B_{m+1,n+1}$	$DB_{m+2,n+1}$	$B_{m+3,n+1}$	$DB_{m+4,n+1}$
$n+2$	$DB_{m-3,n+2}$	$DB_{m-2,n+2}$	$DB_{m-1,n+2}$	$DB_{m,n+2}$	$DB_{m+1,n+2}$	$DB_{m+2,n+2}$	$DB_{m+3,n+2}$	$DB_{m+4,n+2}$
$n+3$	$B_{m-3,n+3}$	$DB_{m-2,n+3}$	$B_{m-1,n+3}$	$DB_{m,n+3}$	$B_{m+1,n+3}$	$DB_{m+2,n+3}$	$B_{m+3,n+3}$	$DB_{m+4,n+3}$
$n+4$	$DB_{m-3,n+4}$	$DB_{m-2,n+4}$	$DB_{m-1,n+4}$	$DB_{m,n+4}$	$DB_{m+1,n+4}$	$DB_{m+2,n+4}$	$DB_{m+3,n+4}$	$DB_{m+4,n+4}$

FIG. 16