

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 341**

51 Int. Cl.:

**G06T 9/00** (2006.01)

**G06T 5/00** (2006.01)

**H04N 7/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2004 E 04802374 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2012 EP 1743301**

54 Título: **Codificación, descodificación y representación de imágenes de alto rango dinámico**

30 Prioridad:

**23.04.2004 US 564608 P**

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

**06.03.2013**

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING  
CORPORATION (100.0%)  
100 POTRERO AVENUE  
SAN FRANCISCO, CA 94103-4813, US**

72 Inventor/es:

**WARD, GREGORY, J. y  
SIMMONS, MARYANN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 397 341 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

Codificación, decodificación y representación de imágenes de alto rango dinámico

5 **Campo técnico**

La presente solicitud reivindica beneficio de la solicitud de EE.UU. nº 60/564.608 depositada el 23 de abril de 2004.

10 **Campo técnico**

La invención se refiere a imágenes digitales de alto rango dinámico. La invención se refiere específicamente a métodos y aparatos para codificar y decodificar imágenes de alto rango dinámico, y a estructuras de datos que contienen imágenes digitales de alto rango dinámico.

15 **Antecedentes**

La visión humana está capacitada para apreciar relaciones de contraste de hasta 1:10.000. Es decir, una persona puede apreciar una escena en la que algunas partes de la escena son 10.000 veces más brillantes que otras partes de la escena y ver detalles tanto en las partes más brillantes como en las más oscuras de la escena. Además, la visión humana puede adaptar su sensibilidad a las escenas más brillantes o a las más oscuras sobre 6 órdenes de magnitud adicionales.

Los formatos de imagen digital más convencionales (los llamados formatos de 24 bits) utilizan hasta 24 bits para almacenar información de color y de luminancia para cada píxel de una imagen. Por ejemplo, cada valor rojo, verde y azul (RGB) de un píxel puede ser almacenado en un byte (8 bits). Algunos formatos son capaces de representar variaciones de brillo sobre solamente aproximadamente dos órdenes de magnitud (cada byte puede almacenar uno de 256 valores posibles). Existe un número de formatos estándar para representar imágenes digitales (que incluyen tanto imágenes fijas como de video). Éstos incluyen JPEG (Grupo de Expertos Fotográficos Unidos), MPEG (Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento), AVI (Intercalación de Audio y Video), TIFF (Formato de Archivo de Imagen Etiquetada), BMP (Mapa de Bits), PNG (Gráficas de Red Portátil), GIF (Formato de Intercambio Gráfico), y otros. Tales formatos pueden ser denominados "estándares referidos de salida" puesto que no intentan conservar información de imagen más allá de la que pueda ser reproducida por visualizadores electrónicos de los tipos disponibles más usualmente. Hasta hace poco, visualizadores tales como visualizadores de ordenador, televisiones, proyectores de imágenes digitales en movimiento y similares, han sido incapaces de reproducir fielmente imágenes que tengan relaciones de contraste mejores de 1:1.000 o de ese orden.

Las tecnologías de visualización que han sido desarrolladas por la cesionaria, y por otros, están capacitadas para reproducir imágenes que tienen un alto rango dinámico (HDR). Tales visualizadores pueden reproducir imágenes que representan de forma más fidedigna escenas del mundo real que los visualizadores convencionales. Existe una necesidad de formatos para almacenar imágenes de HDR, para su reproducción en estos visualizadores y en otros visualizadores de HDR que puedan estar disponibles en el futuro.

Se ha propuesto un número de formatos para almacenar imágenes de HDR como datos digitales. Todos estos formatos tienen diversas desventajas. Un número de estos formatos producen archivos de imagen prohibitivamente grandes que pueden ser vistos solamente con el uso de software especializado. Algunos fabricantes de cámaras digitales proporcionan formatos RAW de pertenencia. Estos formatos tienden a ser específicos de la cámara y a ser excesivos en cuanto a términos de requisitos de almacenamiento de datos.

Existe una necesidad de un marco conveniente para almacenar, intercambiar y reproducir imágenes de alto rango dinámico. Existe una necesidad particular de un marco de ese tipo que sea compatible retrospectivamente con la tecnología de visores de imagen existentes. Existe una necesidad particular de una compatibilidad retrospectiva en casos en los que pueda ser necesario que una imagen sea reproducida mediante dispositivos heredados, tales como reproductores de DVD, que tengan decodificadores de imagen basados en hardware.

55 Durand et al., *Filtrado bilateral rápido para la visualización de imágenes de alto rango dinámico* (ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS, ACM, vol. 21, núm. 3, julio de 2002, páginas 257-266) presenta un técnica para la visualización de imágenes de alto rango dinámico, que reduce el contraste mientras conserva los detalles. La técnica se basa en una descomposición de dos escalas de la imagen en una capa de base, codificación de variaciones a gran escala, y una capa de detalle. Solamente la capa de base tiene su contraste reducido, conservando con ello el detalle. La capa de base se obtiene utilizando un filtro no lineal de conservación de borde, donde el peso de cada píxel es computado con la utilización de una Gaussiana en el dominio espacial multiplicada por una función de influencia en el dominio de la intensidad que reduce el peso de los píxeles con gran intensidad.

65 Erdem et al., *Compresión de video de 10 bits utilizando las herramientas de MPEG-2* (SIGNAL PROCESSING. IMAGE COMMUNICATION, vol. 7, núm. 1, marzo de 1995, páginas 27-56) dirige el problema de comprimir 10 bits por píxel de video utilizando las herramientas del estándar MPEG-2, que está principalmente objetivado en 8 bits por

píxel de video. Los autores demuestran que se puede desarrollar un esquema de compresión escalable en amplitud utilizando sintaxis y herramientas de MPEG-2.

5 La patente US 6301393 B1, del 9 de octubre de 2001, presenta un método para representar una imagen digital que  
 10 tiene valores de color con gama de color ampliada en un espacio de color de almacenamiento que tiene una gama  
 de color limitada que comprende las etapas de: ajustar los valores de color de la imagen digital de gama de color  
 ampliada para que se acople dentro de la gama de color limitada para formar una imagen digital de gama de color  
 limitada; representar la imagen digital de gama de color limitada en el espacio de color de almacenamiento;  
 15 determinar una imagen digital de gama de color limitada recortada en la que han sido recortadas regiones altamente  
 cuantificadas en la imagen digital de gama de color limitada; determinar una imagen residual que representa una  
 diferencia entre la imagen digital de gama de color ampliada y la imagen digital de gama de color limitada recortada;  
 y asociar la imagen residual con la imagen digital de gama de color limitada en el espacio de color de  
 almacenamiento de tal modo que la imagen residual asociada y la imagen digital de gama de color limitada estén en  
 el espacio de almacenamiento adaptadas para ser usadas de modo que formen una imagen digital de gama de color  
 ampliada reconstruida.

Los inventores de la patente anteriormente mencionada, Spaulding et al., describen también en Spaulding, Kevin E  
 et al., "Extender la gama de color y el rango dinámico de una imagen sRGB utilizando una imagen residual", Color  
 Research & Application, vol. 28, núm. 4, pp. 251 – 266, <http://dx.doi.org/10.1002/col.10160>, agosto de 2003, una  
 20 solución que ha sido desarrollada para mantener la compatibilidad con los formatos de archivo y las aplicaciones de  
 software ya existentes, mientras que conserva simultáneamente la información de rango dinámico y de gama de  
 color asociados a las escenas originales. Con esta alternativa, la conversión de película en señales eléctricas o la  
 imagen de cámara digital primaria de entrada, se transforma en la codificación de color ERIMM RGB de la escena  
 25 mencionada. A continuación, se forma una imagen convertida de la manera habitual y se almacena en un archivo de  
 imagen convencional (por ejemplo, un archivo IPEG estándar). Una imagen residual que representa la diferencia  
 entre la imagen de rango dinámico ampliada original y la imagen convertida final, se forma y se almacena en el  
 archivo de imagen utilizando etiquetas de metadatos de pertenencia. Esto proporciona un mecanismo para  
 conseguir la información de rango dinámico ampliado/gama de color que normalmente se desecha durante el  
 proceso de conversión, sin sacrificar la inter-operatividad. Aplicaciones habilitadas adecuadamente pueden  
 30 descodificar los metadatos de imagen residual y utilizarlos para reconstruir la imagen ERIMM RGB, mientras que las  
 aplicaciones que no tengan conocimiento de los metadatos la ignorarán y solamente tendrán acceso a la imagen  
 sRGB. La imagen residual se forma de tal modo que tendrá valores de píxel despreciables para aquellas porciones  
 de imagen que caigan dentro de la gama de sRGB, y por lo tanto será más fácilmente comprimible. Las pruebas  
 35 sobre imágenes de 950 consumidores reales han demostrado que la información de escena de rango dinámico  
 ampliado puede ser almacenada con una sobrecarga media del tamaño de archivo de alrededor de un 8% en  
 comparación con las imágenes de sRGB solas.

**Sumario de la invención**

40 Un aspecto de la presente invención consiste en proporcionar métodos para codificar datos de imagen de alto rango  
 dinámico. Los métodos incluyen obtener datos de mapa de tono correspondientes a los datos de imagen de alto  
 rango dinámico. Los datos de mapa de tono tienen una gama dinámica más baja que la de los datos de imagen de  
 alto rango dinámico. El método calcula datos de relación que comprenden relaciones de valores de los datos de  
 45 imagen de alto rango dinámico y de valores correspondiente de los datos de mapa de tono; genera información de  
 alto rango dinámico en base a los datos de relación; genera información de mapa de tono en base a los datos de  
 mapa de tono, y almacena la información de alto rango dinámico y la información de mapa de tono en una estructura  
 de datos.

La estructura de datos puede ser legible mediante visores de imagen heredados. Los visores de imagen heredados  
 50 pueden leer la información de mapa de tono e ignorar la información de alto rango dinámico. En algunas  
 realizaciones, la estructura de datos comprende un archivo JFIF y la información de mapa de tono comprende una  
 imagen JPEG. En algunas realizaciones, la estructura de datos comprende un archivo MPEG y la información de  
 mapa de tono comprende una trama de un video de MPEG.

55 Otro aspecto de la invención proporciona una estructura de datos para representar una imagen de alto rango  
 dinámico que tiene un rango dinámico inicial. La estructura de datos comprende una porción de mapa de tono y una  
 porción de información de alto rango dinámico. La porción de mapa de tono contiene información de mapa de tono  
 que representa la imagen y tiene un rango dinámico menor que el rango dinámico inicial. La porción de información  
 60 de alto rango dinámico contiene información que describe relaciones de valores de luminancia presentes en la  
 porción de mapa de tono con respecto a valores de luminancia de la imagen de alto rango dinámico.

Otro aspecto de la invención proporciona un aparato para codificar imágenes de alto rango dinámico.

65 Otros aspectos de la invención y las características de las realizaciones específicas de la invención, van a ser  
 descritos en lo que sigue.

**Breve descripción de los dibujos**

En los dibujos que ilustran realizaciones no limitativas de la invención:

5 la figura 1 es un diagrama de flujo de datos que ilustra un método para crear un archivo de imagen de HDR de acuerdo con una realización general de la invención;

la figura 2 es un diagrama de flujo que proporciona una visión general de métodos de codificación y descodificación de imagen de HDR de acuerdo con la invención;

10 la figura 3 es un diagrama de flujo de datos que ilustra un método para crear un archivo de imagen de HDR de acuerdo con una realización específica de la invención;

15 la figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra métodos de acuerdo con algunas realizaciones de la invención que proporcionan correcciones para artefactos resultantes de compresión y/o de muestreo descendente; y

la figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de acuerdo con una realización de la invención que proporciona correcciones para artefactos resultantes de la compresión y/o del muestreo descendente durante la reconstrucción de una imagen de HDR.

20 **Descripción**

A través de la descripción que sigue, se exponen detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión global más completa de la invención. Sin embargo, la invención puede ser puesta en práctica sin estos particulares. En otros casos, no se muestran ni describen en detalle elementos bien conocidos, con el fin de evitar oscurecer innecesariamente la invención. En consecuencia, la descripción y los dibujos deben ser entendidos en un sentido ilustrativo, y no como limitativos.

30 Un aspecto de la presente invención proporciona estructuras de datos para representar imágenes de HDR (estructuras de datos de HDR). En realizaciones preferidas, las estructuras de datos de HDR permiten que se vean imágenes en un modo de rango dinámico estándar utilizando software de visión de imagen estándar, y permite que las versiones de alto rango dinámico de las mismas imágenes se vean en un modo de alto rango dinámico utilizando un visor de HDR y un visualizador de HDR apropiado.

35 La figura 1 muestra un sistema 10 de acuerdo con la invención para crear estructuras 16 de datos de HDR y para ver imágenes representadas por las estructuras 16 de datos de HDR. La figura 2 muestra un método 30 llevado a cabo por el sistema 10 para crear estructuras de datos de HDR y métodos 31A y 31B alternativos para visualizar imágenes a partir de datos presentes en las estructuras 16 de datos de HDR.

40 El sistema 10 comprende un codificador 14 para crear una estructura 16 de datos de imagen de HDR basada en datos 12 de imagen de HDR original. La estructura 16 de datos puede ser descodificada por medio de un descodificador 18 estándar para proporcionar una imagen 19 de rango dinámico estándar. En algunas realizaciones de la invención, el descodificador 18 estándar comprende un descodificador de hardware "heredado" o un descodificador basado en software tal como un software de visor de imagen adecuado. La estructura 16 de datos puede ser descodificada mediante un descodificador 20 de HDR para producir una imagen 21 de HDR reconstruida.

45 El método 30 empieza en el bloque 32 adquiriendo datos 12 de imagen de HDR. Los datos 12 de imagen de HDR incluyen información que especifica directa o indirectamente la luminancia de los píxeles de una imagen. Los datos 12 de imagen de HDR pueden estar en cualquier formato adecuado y pueden ser adquiridos mediante el uso de una cámara de HDR adecuada (posiblemente mediante combinación de múltiples exposiciones) o ser convertidos directamente en un ordenador. La fuente de datos 12 de imagen de HDR no es importante para la puesta en práctica de la invención.

50 El método 30 obtiene también (bloque 34) datos 15 de mapa de tono correspondientes a los datos 12 de imagen de HDR. Los datos 15 de mapa de tono representan una semejanza de la imagen 12 de HDR, pero tienen un rango dinámico más bajo que los datos 12 de imagen de HDR. Los datos 15 de mapa de tono pueden ser generados a partir de datos 12 de imagen de HDR, según se ha indicado mediante la línea 13, o de alguna otra manera derivados de datos que tengan una fuente común con los datos 12 de imagen de HDR. Si los datos 15 de mapa de tono no se derivan de los datos 12 de imagen de HDR, entonces el orden en el que se obtengan los datos 15 de mapa y los datos 12 de imagen de HDR (es decir, el orden de los bloques 32 y 34) no es importante.

55 El codificador 14 genera una estructura 16 de datos. La estructura 16 de datos incluye una porción 16A de mapa de tono, que está basada en los datos 15 de mapa de tono, y una porción 16B de información de HDR, que contiene información que puede ser combinada por medio del descodificador 20 de HDR con los datos de la porción 16A de mapa de tono para reconstruir los datos 12 de imagen de HDR o una aproximación cercana a los mismos. El método 30 genera (bloque 36) la porción de información de HDR mediante comparación de los datos 15 de mapa de tono (o,

de manera equivalente, los datos de mapa de tono reconstruidos a partir de la porción 16A de mapa de tono de la estructura 16 de datos) y los datos 12 de imagen de HDR. En el bloque 38, el método 30 almacena la porción 16A de mapa de tono y la porción 16B de información de HDR de la estructura 16 de datos.

5 En realizaciones preferidas de la invención, la estructura 16 de datos tiene un formato que puede ser leído mediante un descodificador estándar para producir una imagen de rango dinámico más bajo (LDR). Un descodificador 18 estándar puede implementar el método 31A de descodificación. El descodificador 18 estándar genera una imagen 19 de LDR estándar mediante recuperación de la porción 16A de mapa de tono y la presentación de una imagen representada por la porción 16A de mapa de tono (bloque 39). El descodificador estándar puede ignorar la porción 10 16B de información de HDR.

La estructura 16 de datos puede ser leída también mediante un descodificador 20 de HDR. El descodificador 20 de HDR implementa el método 31B de descodificación y genera una imagen 21 de HDR basada en la información procedente tanto de la porción 16A de mapa de tono como de la porción 16B de información de HDR. El método 31b recupera datos procedentes de la porción 16A de mapa de tono y de la porción 16B de información de HDR de la estructura 16 de datos en el bloque 40. En el bloque 42, se crea una imagen de HDR reconstruida modificando un mapa de tono extraído de la porción 16A de mapa de tono de acuerdo con información de HDR procedente de la porción 16B de información de HDR. La imagen de HDR reconstruida se visualiza en el bloque 44.

20 La porción 16A de mapa de tono puede estar en cualquier formato adecuado. Por ejemplo, la porción 16A de mapa de tono puede estar en JPEG, MPEG, AVI, TIFF, BMP, GIF o algún otro formato adecuado. La porción 16A de mapa de tono comprende información específica directa o indirectamente la luminancia de píxeles de la imagen con una gama dinámica que sea menor que la de la imagen 12 de HDR original. Cuando los datos 12 de imagen de HDR especifican una imagen en color, la porción 16A de mapa de tono incluye con preferencia información que especifica 25 colores para los píxeles de la imagen.

En algunas realizaciones de la invención, la estructura 16 de datos comprende un archivo JPEG formateado en Formato de Intercambio de Archivo (JFIF). En tales realizaciones, la porción 16a de mapa de tono puede estar contenida en la porción de imagen de un archivo JFIF y la porción 16B de información de HDR puede estar 30 almacenada en una o más porciones de extensión de aplicación del archivo JFIF y/o en una o más porciones de comentario del archivo JFIF. En tales realizaciones, cualquier visor de JPEG estándar puede abrir la estructura 16 de datos y presentar la imagen proporcionada en la porción 16A de mapa de tono a un rango dinámico más bajo que el de los datos 12 de HDR original o la imagen 21 de HDR reconstruida.

35 Los visores de JPEG estándar ignoran las extensiones de aplicación en archivos JFIF que éstos no soporten. De ese modo, la presencia de la porción 16B de información de HDR no tiene sustancialmente ningún efecto sobre la visualización de una imagen a partir de la estructura 16 de datos con la utilización de cualquier visor de JPEG estándar. Cuando la información 16B de HDR es un campo de comentario de un archivo JFIF, la información 16B de HDR es codificada preferentemente como texto ASCII dado que algunas aplicaciones pueden intentar leer campos 40 de comentario de archivos JFIF. Tales aplicaciones pueden esperar que los campos de comentario contengan solamente texto y pueden comportarse inapropiadamente tras intentar abrir un campo de comentario que contiene datos de un tipo inesperado. La versión 1.2 es una versión de JFIF. La versión 1.2 de JFIF se encuentra descrita de manera completa en el Anexo B de ISO DIS 10918-1, la cual se incorpora en la presente memoria por referencia.

45 En algunas realizaciones de la invención, la estructura 16 de datos comprende un archivo formateado MPEG. En tales realizaciones, la porción 16A de mapa de tono puede estar contenida en la porción de imagen de un archivo MPEG y la porción 16B de información de HDR puede estar almacenada en una o más extensiones de aplicación del archivo MPEG y/o en una o más porciones de comentario del archivo MPEG. En tales realizaciones, cualquier visor de MPEG estándar puede abrir la estructura 16 de datos y presentar la imagen proporcionada en la porción 50 16A de mapa a un rango dinámico más bajo que el de los datos 12 de HDR originales o de la imagen 21 de HDR reconstruida. Una porción 16B de información de HDR puede estar asociada a cada trama de archivo de video de MPEG, o para versiones de MPEG que empleen tramas clave, la porción 16B de información de HDR puede estar asociada solamente a las tramas clave. Pueden usarse técnicas de interpolación de trama clave de MPEG convencional para crear tramas inter-trama clave (es decir, las tramas que están entre tramas clave).

55 Los visores de MPEG estándar ignoran los canales de archivos MPEG que no soportan. De ese modo, la presencia de la porción 16B de información de HDR no tiene sustancialmente ningún efecto sobre la visualización de una imagen a partir de la estructura 16 de datos con la utilización de cualquier visor MPEG estándar. La información 16B de HDR es un campo de comentario de un archivo MPEG, estando la información 16B de HDR preferentemente codificada como texto ASCII dado que algunas aplicaciones pueden intentar leer campos de comentario de archivos 60 MPEG. Tales aplicaciones pueden esperar que los campos de comentario contengan solamente texto y pueden comportarse inapropiadamente tras intentar abrir un campo de comentario que contenga datos de un tipo inesperado.

65 La porción 16A de mapa de tono puede ser creada a partir de datos 15 de mapa de tono de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, la porción 16A de mapa de tono puede ser generada utilizando un operador de mapeo de

tono adecuado. El operador de mapeo de tono tiene con preferencia las propiedades de que:

- se mapea una entrada de HDR original (es decir, datos 12 de imagen de HDR original) suavemente en un dominio de salida de resolución dinámica estándar (típicamente de 24 bits);

- 5
- ninguno de los componentes de la salida del operador de mapeo de tono está sujeto a valores de 0 ó 255;
  - se mantiene la tonalidad para cada píxel, y
- 10
- si el operador de mapeo de tono cambia valores de saturación, realiza solamente cambios ligeros que pueden ser descritos mediante funciones invertibles.

Los inventores han encontrado que el filtro bilateral descrito por Durand y Dorsey, en *"Filtrado bilateral rápido para la visualización de imágenes de alto rango dinámico"*, ACM Transactions on Graphics, 21, 3, 249 – 256 (2002), proporciona un operador de mapeo de tono adecuado. La porción 16A de mapa de tono puede ser codificada utilizando un codificador adecuado, tal como un codificador de JPEG o un codificador de MPEG.

La porción 16A de mapa de tono puede representar valores de color de píxel de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, los valores de color de píxel pueden ser representados como valores RGB (ro, verde y azul), valores CMYK (cian, magenta, amarillo y negro), valores YCbCr (luminancia y crominancia), o similares. Los datos de la porción 16A de mapa de tono pueden ser comprimidos utilizando cualquier esquema de compresión adecuado. Por ejemplo, los datos de la porción 16A de mapa de tono pueden ser comprimidos de una manera compatible con los estándares JPEG o MPEG.

- 25
- En algunas realizaciones de la invención, la porción 16B de información de HDR contiene relaciones entre valores especificados por la 'porción 16A de mapa de tono para píxeles individuales y los valores especificados pro la imagen 12 de HDR original para los mismos píxeles. En tales realizaciones, la información 16B de HDR puede ser generada dividiendo los valores especificados por la imagen 12 de HDR original por los valores correspondientes especificados por la porción 16A de mapa de tono. Los datos resultantes de esta operación pueden ser
- 30
- almacenados como porción 16B de información de HDR. La precisión con la que se representen los valores de datos de la porción 16B de información de HDR puede ser elegida de modo que proporcione calidad aceptable en las imágenes de HDR reconstruidas. En algunas realizaciones de la invención, los valores de datos de la porción 16B de información de HDR están cada uno de ellos representado por un byte (8 bits) con anterioridad a la compresión.

- 35
- En algunas realizaciones de la invención, la porción 16B de información de HDR especifica relaciones entre la luminancia de los píxeles de la imagen 21 de HDR reconstruida y la luminancia especificada para píxeles correspondientes por la información 16A de mapa de tono. En tales realizaciones, la porción 16B de información de HDR no necesita contener información de color.

- 40
- La porción 16B de información de HDR puede comprender relaciones de la luminancia especificada por la imagen 12 de HDR original para áreas o píxeles dentro de una imagen respecto a la luminancia especificada por la porción 16A de mapa de tono para las áreas de píxeles correspondientes. En tales realizaciones, la información de color es portada por la porción 16A de mapa de tono. En tales realizaciones, la porción 16B de HDR puede tener la misma estructura que una imagen de escala de grises. Por ejemplo, cuando la estructura 16 de datos de HDR comprende
- 45
- un archivo JFIF, la porción 16B de HDR puede ser codificada como imagen de escala de grises de JPEG. Cuando la estructura 16 de datos de HDR comprende un archivo MPEG, la porción 16B de HDR puede ser codificada como imagen de escala de grises de MPEG.

- La figura 3 muestra un codificador 50 de HDR de acuerdo con una realización de la invención en la se utiliza información de HDR para hacer que la porción 16B de HDR de la estructura 16 de datos comprenda relaciones de valores de píxel de la imagen 12 de HDR respecto a los valores correspondientes especificados por la porción 16A de mapa de tono. El codificador 50 recibe datos 12 de imagen de HDR. El codificador 50 obtiene datos 15 de mapa de tono ya sea extrayendo datos 15 de mapa de tono desde los datos 12 de imagen de HDR, según se ha indicado mediante la línea 13 de trazo discontinuo y el mapeador 17 de tono, o ya sea recibiendo datos 15 de mapa de tono desde otra fuente, según se ha indicado mediante la línea 13A de trazo discontinuo. El mapeador 17 de tono no recorta con preferencia valores de color o de luminancia, y mantiene las relaciones de color y de luminancia para cada píxel de los datos 15 de mapa de tono.

- En la realización ilustrada, el codificador 50 incluye un codificador 52 estándar. El codificador estándar codifica datos 15 de mapa de tono para producir datos 15A de mapa de tono codificados. Los datos 15a de mapa de tono codificados pueden ser leídos con un visor estándar. Por ejemplo, el codificador 52 estándar puede comprender un codificador que codifique datos 15 de mapa de tono como datos de mapa de tono codificados en JPEG o MPEG que pueden ser leídos por un visor de JPEG o MPEG. Los datos de mapa de tono codificados se salvan mediante una porción 16A de datos de mapa de tono de la estructura 16 de datos de HDR.

- 65
- En algunas realizaciones de la invención, el codificador 50 recibe datos 15A de mapa de tono codificados desde

alguna fuente externa. En tales realizaciones, el codificador 50 no necesita incorporar el codificador 52 estándar.

Los datos 15A de mapa de tono codificados son descodificados por medio del descodificador 54 para producir datos 55 de mapa de tono reconstruidos. Los datos 12 de imagen de HDR se dividen en datos 55 de mapa de tono reconstruidos por medio del divisor 56 para producir datos de relación 57. Los datos de relación 57 son opcionalmente comprimidos por medio del compresor 58 de datos para producir información 16b de HDR. El compresor 58 de datos puede comprender convenientemente un codificador de JPEG o MPEG. En algunas realizaciones de la invención, se utiliza el mismo codificador de JPEG o MPEG para codificar tanto la porción 16A de mapa de tono como la porción 16B de información de HDR de la estructura 16 de datos de HDR.

En algunas realizaciones de la invención, los datos de relación 57 comprenden alguna función de la relación de valores de los datos 12 de imagen de HDR respecto a valores correspondientes especificados por los datos 15 de mapa de tono (o porción 16A de mapa de tono). Por ejemplo, los datos de relación 57 pueden comprender información que especifique un logaritmo de esa relación.

En algunas realizaciones alternativas de la invención, los datos 15 de mapa de tono son proporcionados directamente a un divisor 56 según se ha indicado mediante la línea 53. En tales realizaciones, no se requiere el descodificador 54. Cuando la porción 16A de mapa de tono es codificada utilizando un algoritmo disipativo, tal como codificación de JPEG o MPEG, es preferible basar la porción 16B de información de HDR sobre datos 55 de mapa de tono reconstruidos en vez de sobre datos 15 de mapa de tono. Basar la porción 16B de información de HDR sobre datos 55 de mapa de tono reconstruidos permite una reconstrucción más precisa de los datos 12 de imagen de HDR a partir de la estructura 16 de datos de HDR en casos en los que la porción 16A de información de mapa de tono es codificada mediante un proceso de codificación disipativo. Se utilizará la porción 16a de información de mapa de tono, en vez de los datos 15 de mapa de tono, para reconstruir la imagen 21 de HDR (figura 1).

El compresor 58 puede adoptar una cualquiera de un número de formas. En algunas realizaciones de la invención, el compresor 58 realiza una o más de las siguientes operaciones:

- muestreo descendente de los datos de relación 57;
- compresión de los datos de relación 57.

Se puede usar cualquier forma de compresión adecuada. En una realización de la invención normalmente preferida, el compresor 58 realiza muestreo descendente de los datos 57 y también codifica los datos de relación sometidos a muestreo descendente. Cuando los datos de relación 57 se someten a muestreo descendente, la porción 16B de información de HDR tiene un tamaño de imagen más pequeño que un tamaño de imagen de los datos de relación 57 o que los datos 15 de mapa de tono (es decir, la porción 16B de información de HDR especifica valores para un número de píxeles que es más pequeño que un número de píxeles para los que los datos de relación 57 o los datos 15 de mapa de tono especifican valores). En esos casos, la porción 16B de información de HDR tiene una resolución espacial más baja que los datos 15 de mapa de tono.

En aquellas realizaciones de la invención en las que los datos de relación 57 se someten a muestreo descendente, o a otros mecanismos de compresión disipativa, la información 16B de HDR puede carecer de todos los detalles necesarios para reconstruir de manera precisa los datos 12 de imagen de HDR. Las distorsiones resultantes de la compresión disipativa de datos de relación 57, puede ser al menos parcialmente compensada mediante aplicación de correcciones a la porción 16A de mapa de tono y/o a la porción 16B de información de HDR.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra la operación de métodos 60 que aplican correcciones a los datos en una porción 16A de mapa de tono o en una porción 16B de información de HDR para reducir artefactos resultantes de la codificación disipativa de la porción 16A de mapa de tono y/o de la porción 16B de información de HDR. Los métodos 60 adquieren datos 90 de imagen de HDR y datos 91 de mapa de tono en los bloques 62 y 64. Los datos 90 de imagen de HDR y los datos 91 de mapa de tono pueden ser obtenidos de cualquier manera adecuada incluyendo las maneras que han sido descritas en lo que antecede. En algunas realizaciones, los datos 91 de mapa de tono se extraen de los datos 90 de imagen de HDR según se ha indicado por medio de la flecha 65.

En el bloque 66, los datos 91 de mapa de tono son codificados para producir datos 92 de mapa de tono codificados. En algunas realizaciones de la invención, el bloque 66 de codificación comprende codificación de JPEG o MPEG. A continuación, en el bloque 68, los datos 92 de mapa de tono codificados son descodificados para producir datos 94 de mapa de tono reconstruidos. El bloque 68 de reconstrucción puede comprender hacer que los datos 92 de mapa de tono codificados pasen a un descodificador adecuado, de tal modo que un descodificador de JPEG o de MPEG en el caso del bloque 66 comprende codificación de JPEG o MPEG.

El bloque 70 genera datos de relación 96 mediante aplicación de una función que adopta valores a partir de los datos 90 de imagen de HDR (primeros valores), y valores correspondientes a partir de los datos 94 de mapa de tono reconstruidos (segundos valores). La función incluye dividir los primeros valores por los segundos valores o viceversa. En una realización simple de la invención, los datos de relación 96 incluyen un valor *R/I* para cada píxel de

una imagen dado por:

$$RI(x,y) = \frac{L(HDR(x,y))}{L(TM(x,y))} \quad (1)$$

5 donde:  $(x, y)$  son coordenadas que identifican un píxel;  $L$  es una función que devuelve la luminancia del píxel a partir de los datos para el píxel;  $HDR(x, y)$  son los datos del píxel en los datos 90 de imagen de HDR en las coordenadas  $(x, y)$ ; y  $TM(x, y)$  son los datos del píxel en los datos 94 de mapa de tono reconstruidos (o datos 91 de mapa de tono) para el píxel en las coordenadas  $(x, y)$ . En algunas realizaciones, los datos de relación almacenan el logaritmo de  $RI$ , la raíz cuadrada de  $RI$ , u otra función de  $RI$ .

10 Los bloques 72 y 74 codifican datos de relación 96. En este ejemplo de realización, la codificación incluye datos de relación 96 de muestreo descendente en el bloque 72 para producir datos de relación 98 de muestreo descendente para producir datos de relación 100 codificados. La cantidad de muestreo descendente realizada en el bloque 72 puede ser seleccionada en base a los objetivos propuestos de hacer que la porción 16b de imagen de HDR sea pequeña y hacer que una imagen de HDR reconstruida a partir de la estructura 16 de datos de HDR reproduzca datos 90 de imagen con una fidelidad más alta. En algunas realizaciones de la invención, los datos de relación 96 son sometidos a muestreo descendente lo suficiente para que los datos de relación 98 sometidos a muestreo descendente tengan píxeles más bajos que los datos de relación 96 en un factor comprendido en la gama de 4 a 15.

20 Por ejemplo, el muestreo descendente puede ser llevado a cabo utilizando un núcleo de filtro Gaussiano, que siga una fórmula de ponderación de  $e^{-(x^2/R^2)}$ , donde  $x$  es la distancia desde el centro del píxel de salida en la imagen de entrada y  $R$  es un radio de muestreo descendente. El radio de muestreo descendente puede ser definido como el área bajo la cual los píxeles de entrada contribuyentes suman una porción significativa del valor total del píxel de salida.

25 Se puede llevar a cabo cualquier forma adecuada de compresión de datos en el bloque 74. En algunas realizaciones de la invención, el bloque 74 realiza codificación de JPEG. En otras realizaciones de la invención, el bloque 74 realiza codificación de MPEG.

30 En el bloque 76, los datos 102 de relación reconstruidos son creados mediante descodificación de los datos de relación 100 codificados. Los datos de relación 102 reconstruidos no serán típicamente idénticos a los datos de relación 96 debido a la pérdida de datos en los bloques 74 y 76.

35 En el bloque 78, los datos 104 de imagen de HDR reconstruidos son creados aplicando, a los datos de relación 102 reconstruidos, la inversa de la función aplicada en el bloque 70 a los datos de relación y, a continuación, para cada píxel, multiplicando la luminancia para el píxel de los datos 94 de mapa de tono reconstruidos por el resultado. Por ejemplo, cuando los datos de relación 96 almacenan los valores  $RI$  según se han definido en la Ecuación (1), entonces los datos 104 de imagen de HDR reconstruidos pueden ser obtenidos multiplicando la luminancia para cada píxel presente en los datos 94 de mapa de tono reconstruidos por el valor correspondiente  $RI$  a partir de los datos de relación 102 reconstruidos. Por ejemplo, cuando los datos de relación almacenan valores de logaritmo natural  $\ln(RI)$ , los datos 104 de imagen de HDR reconstruidos pueden ser obtenidos elevando  $e$ , la base de los logaritmos naturales, a la potencia del valor en los datos de relación 102 y multiplicando a continuación el resultado por la luminancia para cada píxel de acuerdo con los datos 94 de mapa de tono reconstruidos.

45 Los datos 104 de imagen de HDR reconstruidos diferirán de los datos 90 de imagen de HDR original debido a que los datos de relación 102 reconstruidos no son idénticos a los datos de relación 96 originales y, aunque de manera normalmente menos importante, debido a los errores de redondeo de los datos de relación 96. El bloque 80 compara opcionalmente datos 104 de imagen de HDR reconstruidos con datos 90 de imagen de HDR originales para determinar si se requiere alguna corrección y determinar cómo deberá realizarse la corrección. La corrección puede ser realizada corrigiendo los datos de una porción 16A de mapa de tono y/o corrigiendo los datos de la porción 16B de información de HDR. Algunos métodos simplemente realizan una u otra de tales correcciones.

55 El bloque 82 obtiene datos 106 de mapa de tono corregidos. Los datos 106 de mapa de tono corregidos pueden ser obtenidos dividiendo los datos 90 de imagen de HDR originales por los datos de relación 102 reconstruidos. Los datos 106 de mapa de tono corregidos pueden ser codificados a continuación, en caso necesario, según se indica mediante el bloque 83, y almacenados como porción 16A de datos de mapa de tono de la estructura 16 de datos de HDR en el bloque 84. Esta pre-corrección puede ser realizada en cualquier momento después de que los datos de relación 102 reconstruidos se encuentren disponibles. Para muchos propósitos, esta pre-corrección no degrada significativamente la imagen que puede ser vista con la visualización de la porción 16A de datos de mapa de tono con un visor de imagen convencional. Esta corrección tiende a hacer que la imagen representada por la porción 16A de mapa de tono sea algo más aguda de lo que sería el caso en ausencia de esta corrección. Los datos 104 de imagen reconstruidos pueden ser almacenados como porción 16B de información de HDR de la estructura 16 de datos de HDR en el bloque 86.

En algunos casos resulta indeseable alterar los datos de mapa de tono almacenados en la porción 16A de mapa de tono. Por ejemplo, los datos 92 de mapa de tono codificados pueden haber sido cuidadosamente optimizados para que proporcionen la mejor calidad de imagen cuando se ven con un visor particular, tal como, por ejemplo, el descodificador MPEG de un reproductor de DVD. En tales casos, los datos 92 de mapa de tono codificados pueden ser almacenados en la porción 16A de mapa de tono de la estructura 16 de datos, y los datos de relación 96 pueden ser almacenados en la porción 16B de información de HDR de la estructura 16 de datos de HDR. Las correcciones en cuanto a la apariencia de una imagen de HDR producida a partir de la estructura 16 de datos pueden ser hechas corrigiendo la porción 16b de información de HDR tras la reconstrucción de la imagen de HDR. Por ejemplo, los datos de la porción 16B de información de HDR pueden ser corregidos mediante un visor capacitado para procesar imágenes de HDR.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra la operación de un método 110 que aplica post-corrección a los datos de la porción 16B de información de HDR para reducir artefactos resultantes de la condición disipativa de la porción 16B de información de HDR. El método 110 puede ser llevado a cabo en un procesador capacitado para procesar imágenes de HDR. La porción 16A de datos de mapa de tono es descodificada en el bloque 112 por medio de un descodificador estándar para producir la imagen 19 estándar. La información de mapa de tono descodificada se utiliza para corregir la porción 16B de información de HDR en el bloque 114. La información de HDR corregida es descodificada en el bloque 116 por medio de un descodificador de HDR para producir la imagen 21 de HDR reconstruida.

En casos simples, en los que el contenido de frecuencia espacial de la imagen de resolución completa representada por la porción 16A de datos de mapa de tono es sustancialmente la misma que la relación de datos 96, los datos de relación corregidos pueden ser entonces obtenidos llevando a cabo el cálculo:

$$RI_{CORREGIDA} = RI \times \frac{L(TM)}{L(TM_R)} \quad (2)$$

donde:  $RI_{CORREGIDA}$  es el valor corregido para  $RI$  en el que se basa la información de HDR corregida;  $RI$  es la relación para el píxel procedente de los datos de relación 96;  $L(TM)$  es la luminancia para el píxel procedente de los datos 91 de mapa de tono; y  $L(TM_R)$  es la luminancia para un píxel correspondiente de datos de mapa de tono que ha sido sometido a muestreo descendente de la misma manera que la realizada en el bloque 72 para producir los datos de relación 98 sometidos a muestreo descendente. Los datos de mapa de tono pueden ser sometidos a muestreo descendente y después a muestreo ascendente de nuevo, de la misma manera que la imagen de relación  $RI$ , de modo que  $TM$  y  $TM_R$  tengan la misma resolución.

Esta corrección simple no siempre es adecuada debido a que las frecuencias espaciales presentes en los datos de relación 96 no son las mismas que las frecuencias espaciales presentes en los datos 91 de mapa de tono para todas las imágenes. Por lo tanto, es preferible incluir en la función de corrección un factor que tenga en cuenta la varianza de la relación entre los valores de  $RI$  de los datos de relación 96 y los valores correspondientes de  $L(TM_R)$ . Una forma de tener en cuenta esta varianza consiste en generar valores de  $RI_{CORREGIDA}$  de acuerdo con:

$$RI_{CORREGIDA} = RI \times \left( \frac{L(TM)}{L(TM_R)} \right)^\sigma \quad (3)$$

donde:  $\sigma$  es una medición de la varianza en la relación entre los valores de  $RI$  de los datos de relación 96 y los valores correspondientes de  $L(TM_R)$ . En algunas realizaciones de la invención,  $\sigma$  se calcula de acuerdo con:

$$\sigma = \frac{\text{var}(RI)}{\text{var}(L(TM_R))} \quad (4)$$

La función  $\text{var}(x)$  puede ser definida como una diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $x$  para píxeles de un entorno próximo, divididos por un valor medio de  $x$  en el entorno próximo, o divididos por el valor para  $x$  respecto a un píxel situado en posición central en el entorno próximo. Por ejemplo, la varianza puede ser calculada sobre un bloque de píxeles centrado sobre un píxel en cuestión. El tamaño del entorno próximo sobre el que se calcula  $\sigma$  es con preferencia igual al radio de muestreo descendente para el muestreo descendente del bloque 72.

Puesto que la post-corrección proporcionada por el bloque 114 puede introducir artefactos, resulta deseable ser conservadores en cuanto a la selección de la magnitud de la corrección. Por ejemplo, cuando  $\text{var}(L(TM_R))$  es mayor que el error que se pretende corregir,  $\sigma$  puede ser establecida en cero. La magnitud del error puede ser determinada

mediante la comparación del bloque 80 y almacenada en la estructura 16 de datos. También es deseable asegurar que  $0 < \sigma < 1$ . Permitir que  $\sigma$  tenga valores tales que  $\sigma > 1$ , puede dar como resultado valores de  $R_{ICORREGIDA}$  que sean indeseablemente altos.

5 En realizaciones de la invención que opcionalmente llevan a cabo la pre-corrección de los bloques 82, 83 y 84, y que también permiten la corrección del bloque 83 que ha de ser realizada tras la visualización de una imagen de HDR, resulta deseable incluir una banderola en la estructura 16 de datos que indique si se ha realizado o no la pre-corrección. La banderola se proporciona con preferencia en un campo de comentario o en un campo de extensión de aplicación en el que pueda ser ignorada por visualizadores estándar que no soporten imágenes de HDR.

10 En algunos casos, los visualizadores de HDR están capacitados para convertir colores que están fuera de la gama de color de un visualizador convencional. Resulta deseable proporcionar un mecanismo que permita una reproducción de alta fidelidad de los colores especificados por datos de imagen de HDR originales. Una forma de proporcionar color potenciado consiste en escalar información de color de modo que cualquier color que tenga una componente primaria fuera de un rango que pueda ser manejado de forma efectiva por el codificador utilizado para codificar la porción 16A de mapa de tono (el cual puede ser, por ejemplo, un codificador de JPEG o de MPEG) sea escalada de nuevo en la gama que pueda ser manejada por el codificador. Los datos de relación pueden ser ajustados para recuperar correctamente el color escalado.

20 Una forma de proporcionar color potenciado consiste en aplicar una desaturación global a la imagen mientras se crea la porción 16A de mapa de tono. La cantidad de desaturación puede ser elegida de modo que asegure que todos los colores de la imagen estarán dentro de la gama que puede ser manipulada de forma efectiva por el codificador de JPEG u otro codificador utilizado para codificar la porción 16A de mapa de tono. Este método es preferible al método descrito anteriormente debido a que está capacitado para manejar colores que tengan componentes primarios negativos. Los componentes primarios negativos están permitidos en algunos formatos de HDR y pueden ser necesarios para representar colores fuera de la gama de RGB estándar. El proceso de desaturación puede ser invertido durante la descodificación por medio de un visor de HDR.

El nivel de saturación de color de entrada puede ser definido como:

$$S \equiv 1 - \frac{\min(R, G, B)}{Y} \quad (5)$$

35 donde:  $S$  es el nivel de saturación,  $R$ ,  $G$  y  $B$  son valores para las componentes de colores primarios rojo, verde y azul, respectivamente; e  $Y$  es la luminancia global. El nivel de saturación tendrá un valor mayor de uno si la imagen contiene cualesquiera valores negativos para las componentes de colores primarios.

Cuando el nivel de saturación es cero, no se necesita ningún procesamiento adicional de la imagen. Cuando el nivel de saturación no es cero, el nivel de saturación puede ser modificado de acuerdo con:

$$40 \quad S' = \alpha \times S^\beta \quad (6)$$

donde:  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros; y  $S'$  es la saturación corregida. El parámetro  $\alpha$  indica cuánta saturación debe mantenerse en los colores codificados.

45 La alteración del nivel de saturación puede ser conseguida extrayendo nuevos valores de las componentes primarias para cada píxel de la imagen. Esto se realiza en algunas realizaciones de acuerdo con:

$$R' = \left(1 - \frac{S'}{S}\right)Y + \frac{S'}{S}R \quad (7)$$

50 y,

$$G' = \left(1 - \frac{S'}{S}\right)Y + \frac{S'}{S}G \quad (8)$$

55 y,

$$B' = \left(1 - \frac{S'}{S}\right) Y + \frac{S'}{S} B \quad (9)$$

donde  $R'$ ,  $G'$  y  $B'$  son los valores escalados para  $R$ ,  $G$  y  $B$ , respectivamente.

5 Obsérvese que esta transformación no altera la luminancia,  $Y$ . La componente primaria que era más pequeña con anterioridad a la transformación sigue siendo más pequeña después de la transformación. Los valores de color originales pueden ser recuperados invirtiendo las ecuaciones (7), (8) y (9). Por ejemplo, si la componente de color primario que tiene el valor más pequeño para un píxel fuera azul, entonces la transformación inversa para el canal azul para ese píxel vendría dada por:

10

$$B = Y - Y \times \left(\frac{Y - B'}{\alpha Y}\right)^{1/\beta} \quad (10)$$

y las transformaciones inversas para los canales rojo y verde vendrían dadas por:

15

$$R = Y - \frac{(Y - R')}{\alpha} \left(1 - \frac{B}{Y}\right)^{1-\beta} \quad (11)$$

y,

20

$$G = Y - \frac{(Y - G')}{\alpha} \left(1 - \frac{B}{Y}\right)^{1-\beta} \quad (12)$$

respectivamente.

### Ejemplos

25 Un número de imágenes de HDR fueron almacenadas en estructuras 16 de datos de HDR, según se ha descrito en lo que antecede. Las imágenes originales fueron comparadas con imágenes de HDR reconstruidas a partir de estructuras 16 de datos de HDR. Se utilizó el Predictor de Diferencias Visuales (VDP) de Daly, según ha sido descrito por Daly, S., "El predictor de diferencias visuales; un algoritmo para averiguación de fidelidad de imagen", en Digital Images and Human Vision, A.B. Watson editor, MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1993, para evaluar  
30 qué porcentaje de píxeles de las imágenes de HDR reconstruidas es probable (es decir, tienen una probabilidad mayor de un 75%) que sean percibidas por humanos como diferentes de los píxeles correspondientes de la imagen de HDR original bajo condiciones de visualización típicas. Se encontró que el VDP era un predictor excelente de cuándo podían ser percibidas las diferencias entre las imágenes.

35 Un primer conjunto de experimentos incluía la utilización de varios operadores de mapeo de tono para producir la porción 16A de mapa de tono y, para cada operador de mapa de tono, corregir ya sea la porción 16A de mapa de tono o ya sea la porción 16B de información de HDR de acuerdo con uno de los métodos de corrección descritos con anterioridad. La porción 16A de mapa de tono y la porción 16B de HDR fueron codificadas, cada una de ellas, utilizando codificación de JPEG a dos niveles de calidad, 90 y 100. Este conjunto de experimentos proporcionaron  
40 los resultados que se muestran en la Tabla I.

| Tabla I – Calidad de imagen para varios operadores de mapeo de tono |                 |                               |                                |
|---|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Operador de mapeo de tono   | Calidad de JPEG | Pre-corrección utilizando VDP | Post-corrección utilizando VDP |
| Filtro bilateral  | 90              | 0,93%                         | 5,4%                           |
|   | 100             | 0,02%                         | 1,8%                           |
| Global Reinhard   | 90              | 2,5%                          | 4,7%                           |
|   | 100             | 0,09%                         | 2,8%                           |
| Histograma adj.   | 90              | 5,9%                          | 21%                            |
|   | 100             | 0,63%                         | 17%                            |
| Gradiente   | 90              | 7,5%                          | 36%                            |
|   | 100             | 3,0%                          | 34%                            |

Los valores de VDP de la tabla I están promediados sobre un número de imágenes. Se puede apreciar que la selección de un operador de mapeo de tono puede tener un efecto considerable sobre la calidad de una imagen de HDR que puede ser reconstruida a partir de una estructura 16 de datos. De los operadores de mapeo de tono utilizados en estos experimentos, el filtro bilateral parece proporcionar los mejores resultados, por término medio.

5 Algunas implementaciones de la invención comprenden procesadores de ordenador que ejecutan instrucciones de software que pueden hacer que los procesadores lleven a cabo un método según la invención. Por ejemplo, uno o más procesadores de un sistema de ordenador pueden implementar los métodos de cualquiera de las figuras 1 a 5 ejecutando instrucciones de software en una memoria de programa accesible para los procesadores. La invención  
10 puede ser proporcionada también en forma de producto de programa. El producto de programa puede comprender cualquier medio que porte un conjunto de señales legibles con ordenador que comprenda instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un procesador de ordenador, provocan que el procesador de datos ejecute un método según la invención. Los productos de programa conforme a la invención pueden adoptar una cualquiera de una amplia variedad de formas. El producto de programa puede comprender, por ejemplo, medios físicos tales como medios de  
15 almacenamiento magnético de datos incluyendo los disquetes flotantes, accionadores de disco duro; medios de almacenamiento óptico de datos, incluyendo CD ROMs, DVDs; medios de almacenamiento electrónico de datos, incluyendo ROMs, RAM flash, o similares, o medios de tipo transmisión tal como enlaces de comunicación digitales o analógicos. Las instrucciones pueden estar opcionalmente presentes en las señales legibles con ordenador en un formato comprimido y/o encriptado.

20 Donde se haya mencionado un componente (por ejemplo, un módulo de software, procesador, conjunto, dispositivo, circuito, etc.) en lo que antecede, a menos que se indique otra cosa, la referencia a ese componente (incluyendo la referencia a un "medio") debe ser interpretada como que incluye como equivalentes de ese componente cualquier componente que realice la función del componente descrito (es decir, que sea funcionalmente equivalente),  
25 incluyendo componentes que no sean estructuralmente equivalentes a la estructura divulgada que realicen la función en los ejemplos de realización ilustrados de la invención.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método para codificar datos (12) de imagen de alto rango dinámico que tienen un rango dinámico inicial, comprendiendo el método:
- 5 obtener datos (15) de mapa de tono correspondientes a los datos (12) de imagen de alto rango dinámico, teniendo los datos (15) de mapa de tono un rango dinámico reducido más bajo que el rango dinámico inicial;
- 10 calcular datos de relación (57), comprendiendo los datos de relación (57) relaciones de valores en los datos (12) de imagen de alto rango dinámico y valores correspondientes en los datos (15) de mapa de tono;
- generar información (16B) de alto rango dinámico en base a los datos de relación (57);
- 15 generar información (16A) de mapa de tono en base a los datos (15) de mapa de tono; y
- almacenar la información (16B) de alto rango dinámico y la información (16A) de mapa de tono en una estructura (16) de datos.
- 2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estructura (16) de datos comprende un campo de imagen y un campo de extensión de aplicación, y almacenar la información (16B) de alto rango dinámico y la información (16A) de mapa de tono comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico en el campo de extensión de aplicación y almacenar la información (16A) de mapa de tono en el campo de imagen.
- 3.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que generar la información (16A) de mapa de tono comprende codificación JPEG de los datos (15) de mapa de tono.
- 4.- Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la estructura (16) de datos comprende una estructura de datos JFIF.
- 30 5.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico en una extensión de aplicación de la estructura de datos JFIF.
- 6.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico en un campo de comentario de la estructura de datos JFIF.
- 35 7.- Un método de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende codificar la información (16B) de alto rango dinámico como texto antes de almacenar la información (16B) de alto rango dinámico en el campo de comentario.
- 8.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que generar la información (16B) de alto rango dinámico comprende comprimir los datos de relación (57).
- 40 9.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende realizar un muestreo descendente de los datos de relación (57).
- 45 10.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende codificar en JPEG los datos de relación (57).
- 11.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que generar la información (16A) de mapa de tono comprende codificar en MPEG los datos (15) de mapa de tono.
- 50 12.- Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la estructura (16) de datos comprende una estructura de datos de MPEG.
- 13.- Un método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico en una extensión de aplicación de la estructura de datos de MPEG.
- 55 14.- Un método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico en un campo de comentario de la estructura de datos de MPEG.
- 60 15.- Un método de acuerdo con la reivindicación 13 o la reivindicación 14, que comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico para cada trama de un video de MPEG.
- 65 16.- Un método de acuerdo con la reivindicación 13 o la reivindicación 14, que comprende almacenar la información (16B) de alto rango dinámico solamente para tramas clave de un video de MPEG para lo que se utilizan técnicas de interpolación de trama clave de MPEG convencional para crear tramas de inter-trama clave.

17.- Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que generar la información (16B) de alto rango dinámico comprende comprimir los datos de relación (57).

5 18.- Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende realizar un muestreo descendente de los datos de relación (57).

19.- Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende codificación de MPEG de los datos de relación (57).

10 20.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los datos (15) de mapa de tono son codificados mediante codificación disipativa, y el método comprende descodificar los datos (15) de mapa de tono y calcular a continuación los datos de relación (57) a partir de los datos (15) de mapa de tono descodificados.

15 21.- Un método de acuerdo con la reivindicación 20, que comprende codificar los datos (15) de mapa de tono mediante el método de codificación disipativa con anterioridad a la descodificación de los datos (15) de mapa de tono.

20 22.- Un método de acuerdo con la reivindicación 20 o la reivindicación 21, en el que almacenar la información (16A) de mapa de tono comprende almacenar los datos (15) de mapa de tono codificados.

23.- Un método de acuerdo con la reivindicación 22, en el que generar la información (16B) de alto rango dinámico comprende comprimir los datos de relación (57) para producir datos de relación (57) comprimidos.

25 24.- Un método de acuerdo con la reivindicación 23, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende realizar una compresión disipativa de los datos de relación (57).

25.- Un método de acuerdo con la reivindicación 24, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende realizar un muestreo descendente de los datos de relación (57).

30 26.- Un método de acuerdo con la reivindicación 24 o la reivindicación 25, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende codificar en JPEG los datos de relación (57).

35 27.- Un método de acuerdo con la reivindicación 24 o la reivindicación 25, en el que comprimir los datos de relación (57) comprende codificar en MPEG los datos de relación (57).

28.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 23 a 27, en el que generar la información (16A) de mapa de tono comprende reconstruir los datos de relación (57) a partir de los datos de relación (57) comprimidos, y dividir los datos (12) de imagen de alto rango dinámico por los datos de relación (57) reconstruidos.

40 29.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 23 a 27, en el que generar la información (16B) de alto rango dinámico comprende aplicar a los datos de relación (57) una función de corrección, estando la función de corrección basada en los datos (15) de mapa de tono.

45 30.- Un método de acuerdo con la reivindicación 29, en el que la función de corrección comprende una relación de  $L(TM)$  respecto a  $L(TM_R)$  donde  $L(TM)$  es la luminancia para un píxel en los datos (15) de mapa de tono, y  $L(TM_R)$  es la luminancia para un píxel correspondiente de datos (15) de mapa de tono que ha sido sometido a muestreo descendente.

50 31.- Un método de acuerdo con la reivindicación 29, en el que la función de corrección es de la forma:

$$RI_{CORREGIDA} = RI \times \left( \frac{L(TM)}{L(TM_R)} \right)^\sigma$$

o un equivalente matemático de la misma, donde  $\sigma$  es un parámetro numérico.

55 32.- Un método de acuerdo con la reivindicación 31, en el que  $\sigma$  es una medición de varianza en la relación de  $L(TM)$  respecto a  $L(TM_R)$ .

33.- Un método de acuerdo con la reivindicación 32, en el que  $\sigma$  se calcula de acuerdo con:

60

$$\sigma = \frac{\text{var}(RI)}{\text{var}(L(TM_R))}$$

- 34.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 33, en el que generar la información (16B) de alto rango dinámico comprende calcular una función matemática de los datos de relación (57).
- 5 35.- Un método de acuerdo con la reivindicación 34, en el que la función matemática comprende el cálculo de un logaritmo.
- 36.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que obtener los datos (15) de mapa de tono comprende generar los datos (15) de mapa de tono con un mapeador de tono (17) sin recortar valores de color o de luminancia.
- 10 37.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que obtener los datos (15) de mapa de tono comprende genera los datos (15) de mapa de tono con un mapeador de tono (17) que mantiene las relaciones de color y luminancia para cada píxel de los datos (15) de mapa de tono.
- 15 38.- Una estructura (16) de datos para representar una imagen de alto rango dinámico que tiene un rango dinámico inicial, comprendiendo la estructura (16) de datos una porción (16A) de mapa de tono y una porción (16B) de información de alto rango dinámico; conteniendo la porción (16A) de mapa de tono información de mapa de tono que representa la imagen, teniendo la porción (16A) de mapa de tono un rango dinámico reducido menor que el rango dinámico inicial; conteniendo la porción (16B) de información de alto rango dinámico información que describe relaciones de valores de la porción (16A) de mapa de tono con respecto a valores correspondientes de la imagen de alto rango dinámico.
- 20 39.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 38, en la que los valores de la porción (16A) de mapa de tono son valores de luminancia.
- 25 40.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 38, en la que la información (16A) de mapa de tono está codificada en JPEG.
- 30 41.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 40, en la que la estructura (16) de datos constituye una estructura de datos JFIF.
- 42.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 41, en la que la porción (16B) de información de alto rango dinámico comprende al menos una extensión de aplicación en JFIF.
- 35 43.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 41, en la que la porción (16B) de información de alto rango dinámico comprende un campo de comentario JFIF.
- 44.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 38, en la que la información (16A) de mapa de tono está codificada en MPEG.
- 40 45.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 44, en la que la estructura (16) de datos constituye una estructura de datos MPEG.
- 46.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 45, en la que la porción (16B) de información de alto rango dinámico comprende al menos una extensión de aplicación en MPEG.
- 45 47.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 17, en la que la porción (16B) de información de alto rango dinámico comprende un campo de comentario de MPEG.
- 50 48.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 46 o la reivindicación 47, en la que la porción (16B) de alto rango dinámico está asociada a una trama de un video de MPEG.
- 49.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 46 o la reivindicación 47, en la que la porción (16B) de alto rango dinámico está asociada a una trama clave de un video de MPEG para lo que se utilizan técnicas de interpolación de trama clave de MPEG convencional para crear tramas de inter-trama clave.
- 55 50.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 38 a 49, en la que la información (16A) de mapa de tono especifica valores distintos de cero para todos los píxeles.
- 60 51.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 38, en la que la información (16B) de alto rango dinámico está comprimida.
- 52.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 38, en la que la información (16B) de alto rango dinámico está codificada en JPEG.
- 65 53.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 38, en la que la información (16B) de alto rango

dinámico está codificada en MPEG.

54.- Una estructura (16) de datos de acuerdo con la reivindicación 52 o la reivindicación 53, en la que la información (16A) de mapa de tono tiene un tamaño de imagen mayor que el tamaño de imagen de la información (16B) de alto rango dinámico.

55.- Aparato (50) para codificar datos (12) de imagen de alto rango dinámico que tienen un rango dinámico inicial, comprendiendo el aparato (50):

10 medios para calcular datos de relación (57), comprendiendo los datos de relación (57) relaciones de valores de los datos (12) de imagen de alto rango dinámico con respecto a valores correspondientes de los datos (15) de mapa de tono correspondientes a los datos (12) de imagen de alto rango dinámico, teniendo los datos (15) de mapa de tono un rango dinámico reducido más bajo que el rango dinámico inicial;

15 medios para generar información (16B) de alto rango dinámico en base a los datos de relación (57);

medios para generar información (16A) de mapa de tono en base a los datos (15) de mapa de tono; y

20 medios para almacenar la información (16B) de alto rango dinámico y la información (16A) de mapa de tono en una estructura (16) de datos.

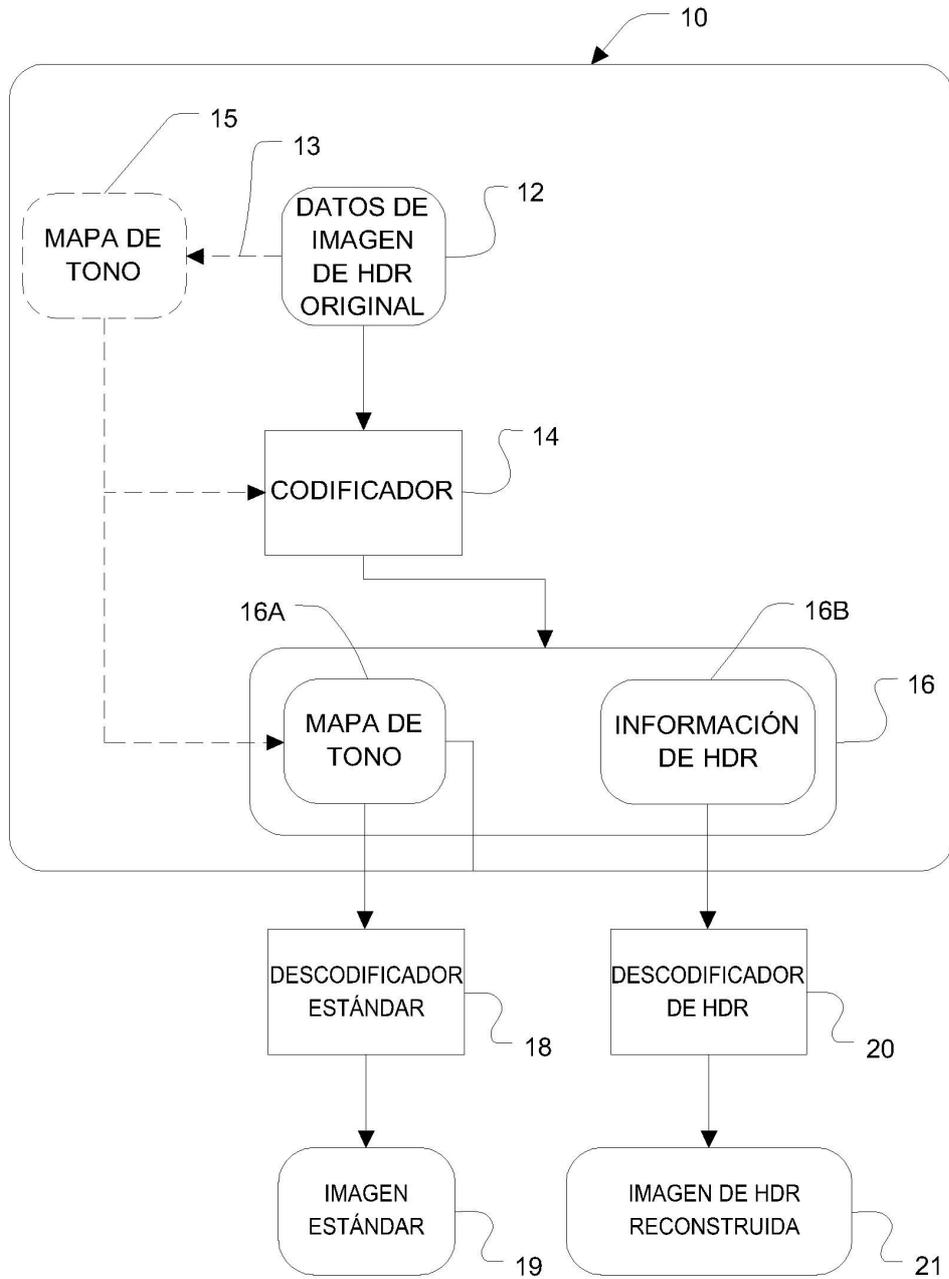


FIGURA 1

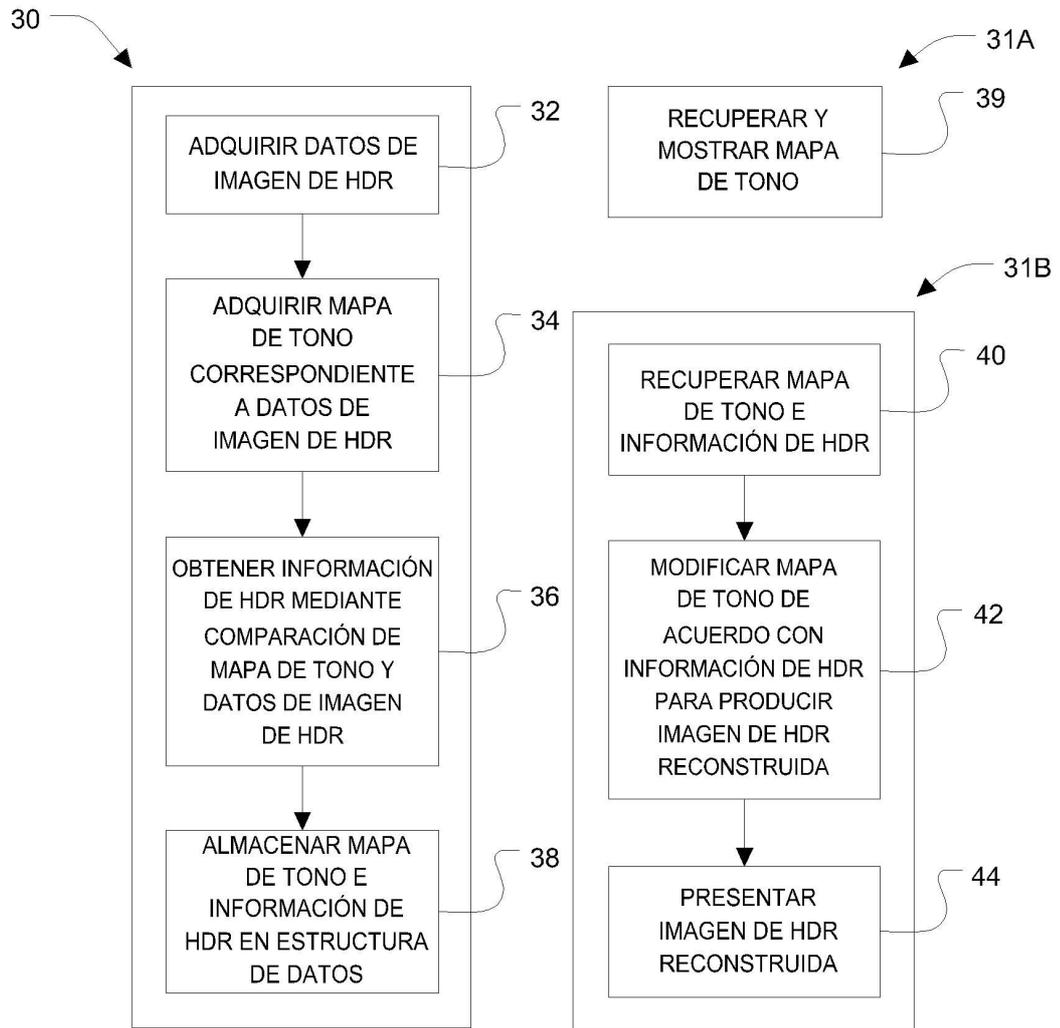


FIGURA 2

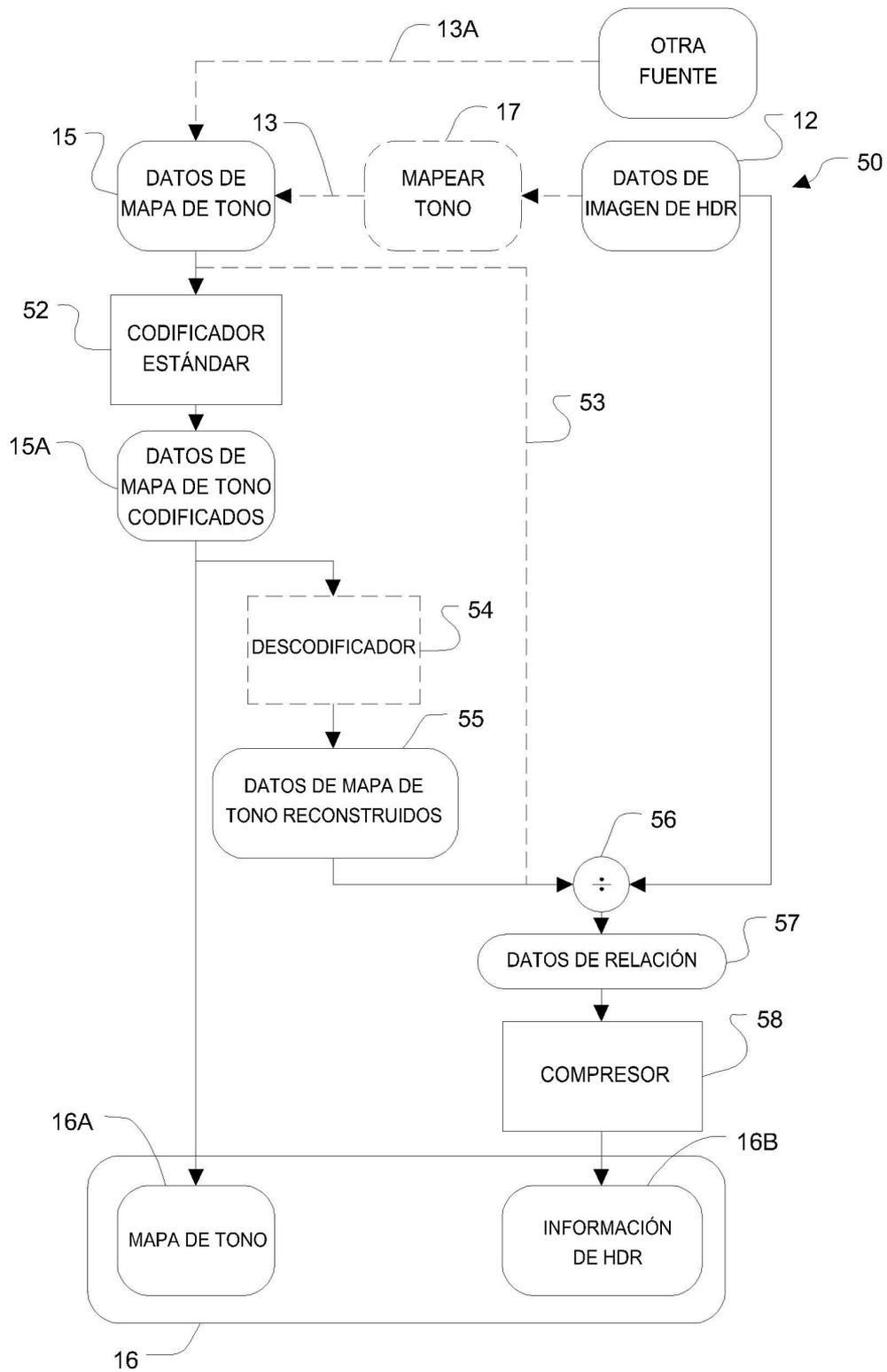


FIGURA 3

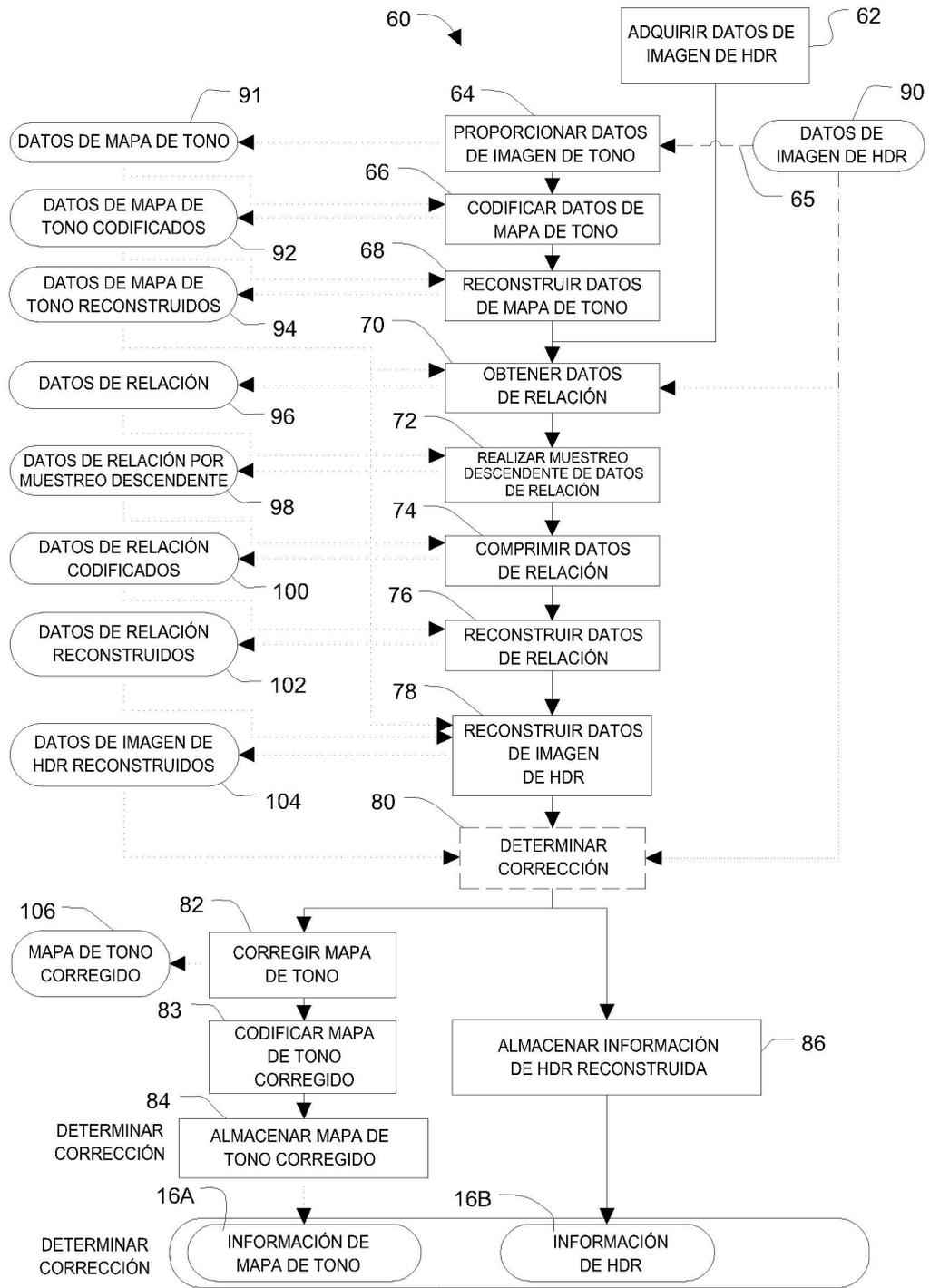


FIGURA 4

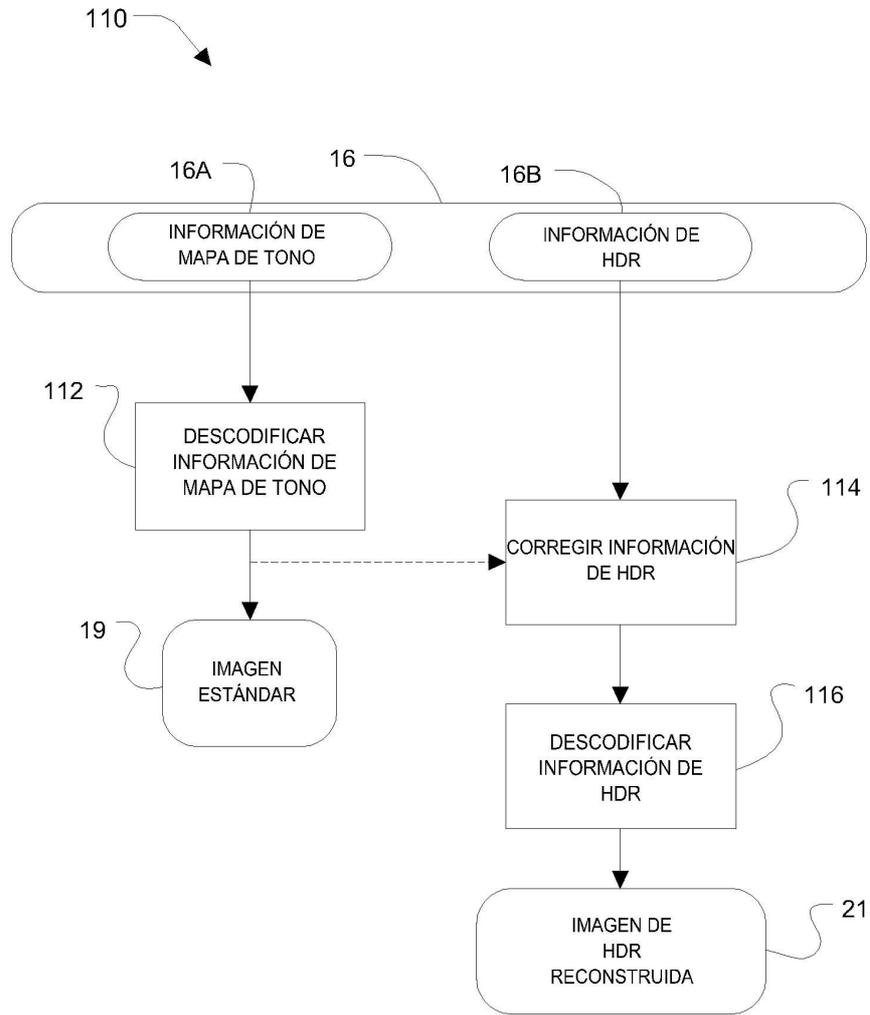


FIGURA 5