

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 806**

51 Int. Cl.:

G06T 5/00 (2006.01)

G06T 5/40 (2006.01)

G06T 5/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2012 PCT/US2012/027267**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.09.2012 WO12118961**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2012 E 12708076 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2681710**

54 Título: **Operador de correlación de tonos multiescala local**

30 Prioridad:

02.03.2011 US 201161448606 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.12.2018

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (100.0%)
1275 Market Street
San Francisco, CA 94103, US**

72 Inventor/es:

WARD, GREGORY JOHN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 694 806 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

Operador de correlación de tonos multiescala local

5 Campo técnico

La presente invención se refiere, en general, al procesamiento de imágenes y, en particular, al procesamiento de imágenes de alto rango dinámico.

10 Antecedentes

La visión humana puede ser capaz de apreciar relaciones de contraste de hasta 1:10.000 o más. La mayoría de los formatos de imagen digital convencionales (denominados formatos de 24 bits) usan hasta 24 bits para almacenar información de luminancia y de color de cada píxel de una imagen. Dichos formatos pueden denominarse "normas referidas a la salida (*output referred*)" porque no intentan conservar la información de la imagen más allá de lo que podría reproducirse mediante dispositivos de visualización electrónicos heredados de los tipos más comúnmente disponibles en el pasado.

Las tecnologías de dispositivos de visualización que están siendo desarrolladas por el cesionario, y otros, son capaces de reproducir imágenes de alto rango dinámico (HDR). Tales dispositivos de visualización pueden reproducir imágenes que representan más fielmente escenas del mundo real que los dispositivos de visualización convencionales.

Para mantener la compatibilidad con versiones anteriores, así como con las nuevas tecnologías de dispositivos de visualización HDR, una imagen HDR puede representarse mediante una imagen correlacionada con tonos que incluye metadatos adicionales. Por un lado, la imagen correlacionada con tonos se utiliza para presentar una imagen de rango dinámico normal (p.ej., en un dispositivo de visualización heredado). Por otro lado, los metadatos adicionales pueden utilizarse con la imagen correlacionada con tonos para generar, recuperar o presentar una imagen HDR (p.ej., mediante un dispositivo de visualización HDR).

Algunos operadores de correlación de tonos (TMO) diferentes podrían utilizarse para crear imágenes correlacionadas con tonos basadas en imágenes HDR. Entre estos TMO, el operador fotográfico global Reinhard se utiliza para producir imágenes correlacionadas con tonos de manera relativamente eficaz. Sin embargo, el operador Reinhard tiene la desventaja de que pierde una cantidad relativamente grande de los detalles de una imagen, especialmente en zonas luminosas. El filtro bilateral se utiliza para producir imágenes correlacionadas con tonos de calidad relativamente alta. Sin embargo, el coste computacional del filtro bilateral es muy alto, posiblemente sesenta veces superior al de TMO relativamente simples, como el operador Reinhard. Se ha observado que otros TMO, tales como el operador de ajuste de histogramas o el operador de dominio de gradiente, no funcionan tan bien como los mencionados anteriormente.

La patente estadounidense número 6.285.798 describe un procedimiento de ajuste de tonos automático para el procesamiento informático de imágenes digitales que tienen un rango dinámico más grande que el de los medios de visualización de salida previstos.

Los enfoques descritos en este apartado son enfoques que pueden llevarse a cabo, pero no son necesariamente enfoques que se hayan concebido o llevado a cabo anteriormente. Por lo tanto, a no ser que se indique lo contrario, no debe considerarse que algunos de los enfoques descritos en este apartado pertenecen a la técnica anterior simplemente por aparecer en este apartado. Asimismo, no debe considerarse que los asuntos identificados con respecto a uno o más enfoques pertenecen a la técnica anterior por aparecer en este apartado, a no ser que se indique lo contrario.

50 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se ilustra a modo de ejemplo, y no de manera limitativa, en las figuras de los dibujos adjuntos, donde números de referencia similares se refieren a elementos similares, y en los que:

55 la FIG. 1A ilustra un sistema de correlación de tonos multiescala local de ejemplo, según algunas posibles formas de realización de la presente invención;

la FIG. 1B es un diagrama de bloques que ilustra un operador de relación multiescala local de ejemplo, según algunas posibles formas de realización de la presente invención;

60 la FIG. 2 muestra un diagrama de bloques que ilustra un procedimiento de procesamiento de imágenes multiescala locales de ejemplo, según algunas posibles formas de realización de la presente invención;

la FIG. 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra un operador (de relación) multiescala local de ejemplo, según algunas posibles formas de realización de la presente invención;

la FIG. 4A ilustra un flujo de proceso de ejemplo, según una posible forma de realización de la presente invención; y

5 la FIG. 5 ilustra una plataforma de hardware de ejemplo en la que puede implementarse un ordenador o un dispositivo informático como los descritos en el presente documento, según una posible forma de realización de la presente invención.

Descripción de posibles formas de realización de ejemplo

10 En el presente documento se describen posibles formas de realización de ejemplo, que se refieren a técnicas de correlación de tonos multiescala locales. En la siguiente descripción se exponen, con fines explicativos, numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar un entendimiento minucioso de la presente invención. Sin embargo, resultará evidente que la presente invención puede llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos no se describen en gran detalle estructuras y dispositivos ampliamente conocidos con el fin de no enturbiar, oscurecer u ofuscar innecesariamente la presente invención.

15 Formas de realización de ejemplo se describen en el presente documento siguiendo estos apartados:

1. VISIÓN GENERAL
2. SISTEMA DE CORRELACIÓN DE TONOS LOCAL MULTIESCALA
3. OPERADOR DE CORRELACIÓN DE TONOS LOCAL MULTIESCALA
- 20 4. PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MULTIESCALA LOCALES
5. OPERADOR MULTIESCALA LOCAL
6. FLUJO DE PROCESO DE EJEMPLO
7. MECANISMOS DE IMPLEMENTACIÓN - VISIÓN GLOBAL DEL HARDWARE
8. EQUIVALENCIAS, EXTENSIONES, ALTERNATIVAS Y MISCELÁNEA

25 1. VISIÓN GENERAL

30 Esta visión general ofrece una descripción básica de algunos aspectos de una posible forma de realización de la presente invención. Debe observarse que esta visión general no es un resumen extenso o exhaustivo de aspectos de la posible forma de realización. Además, debe observarse que esta visión general no pretende identificar ningún aspecto o elemento particularmente significativo de la posible forma de realización, ni delimitar el alcance de la posible forma de realización en particular ni de la invención en general. Esta visión general simplemente presenta algunos conceptos que se refieren a la posible forma de realización de ejemplo en un formato condensado y simplificado, y debe considerarse simplemente como un prelude de la descripción más detallada ofrecida a

35 continuación de posibles formas de realización de ejemplo.

40 En algunas posibles formas de realización, un formato de imagen puede utilizarse para admitir la renderización de imágenes HDR, así como la renderización de imágenes que no son HDR. Ejemplos de formatos de imagen descritos en el presente documento pueden ser JPEG, MPEG, AVI, TIFF, BMP, GIF u otros formatos adecuados. Un ejemplo particular de un formato de imagen de este tipo es JPEG-HDR, utilizado en lugar de JPEG para admitir simultáneamente la renderización de imágenes HDR en nuevos dispositivos de visualización HDR y la renderización de imágenes que no son HDR en dispositivos de visualización HDR o en dispositivos de visualización que no son HDR. JPEG-HDR almacena una imagen correlacionada con tonos en ubicaciones estándar (p.ej., en un flujo de bits, en un formato de disco, etc.), como se define en JPEG, y almacena metadatos adicionales en nuevas ubicaciones

45 que pueden ser ignoradas por dispositivos de visualización que no son HDR. Los metadatos adicionales pueden utilizarse junto con la imagen correlacionada con tonos para generar/restaurar una versión HDR de una imagen HDR original.

50 En algunas posibles formas de realización, metadatos adicionales como los descritos en el presente documento son una imagen de relación de escala de grises multiescala local obtenida a partir de la imagen HDR original utilizando técnicas como las descritas en el presente documento. En algunas posibles formas de realización, una gama de colores, tal como la gama YCC extendida, puede utilizarse con el formato de imagen en el presente documento para permitir la recuperación completa en cada píxel en la versión HDR de la imagen HDR original, generada/restaurada a partir de la imagen correlacionada con tonos y la imagen de relación de escala de grises multiescala local. En

55 algunas posibles formas de realización, las técnicas descritas en el presente documento minimizan el número de valores correlacionados con tonos totalmente negros en la imagen correlacionada con tonos por debajo de un umbral (p.ej., 0,01%, 0,1%, 1%, 2%, etc., del número total de píxeles de la imagen correlacionada con tonos) para permitir la recuperación completa en cada píxel en la versión HDR de la imagen HDR original.

Según las técnicas del presente documento, en lugar de utilizar un operador de correlación de tonos (TM) global que comprime el contraste global con el fin de ajustarse al rango de salida deseado de valores de luminancia y que pierde el contraste local necesario para la percepción visual humana, el procesamiento de correlación de tonos multiescala local puede utilizarse para generar la imagen correlacionada con tonos que mejora el contraste local que se hubiera visto afectado en un operador de TM global, al tiempo que deja la correlación global tal como es. En algunas posibles formas de realización, el procesamiento de TM multiescala local utiliza una curva global (p.ej., una curva de TM de ajuste de histogramas) para correlacionar valores de luminancia sin pérdida de detalle. En algunas posibles formas de realización, el procesamiento de TM multiescala local se realiza de manera eficiente sin generar/introducir nuevos artefactos (tales como halos) en el proceso. En una forma de realización particular se implementa un procesamiento recursivo eficiente para realizar un procesamiento multiescala local como el descrito en el presente documento con alta eficiencia computacional. En una posible forma de realización particular, el procesamiento multiescala local sólo tarda un 30% más que el procesamiento de TM realizado por un operador de TM global.

En algunas posibles formas de realización se carga una imagen HDR de entrada, y sus valores de luminancia se convierten en el dominio logarítmico. Una curva de TM de ajuste de histogramas es calculada y aplicada a los valores de luminancia para determinar una imagen de escala de grises de relación global. Tal y como se utiliza en el presente documento, una imagen de relación se refiere generalmente a una imagen que comprende valores de relación entre valores de luminancia de una imagen de correlación previa con tonos (p.ej., una imagen HDR de entrada o su equivalente logarítmica) y valores de luminancia de una imagen de correlación posterior con tonos (p.ej., una imagen correlacionada con tonos o su equivalente logarítmica). En algunas posibles formas de realización, la imagen de relación se representa de manera lógica como la imagen de correlación previa con tonos dividida por la imagen de correlación posterior con tonos en cada ubicación de píxel en el dominio no logarítmico, o de manera equivalente como la imagen de correlación previa con tonos menos la imagen de correlación posterior con tonos en cada ubicación de píxel en el dominio logarítmico. En algunas otras posibles formas de realización, la imagen de relación se representa de manera lógica como la imagen de correlación posterior con tonos dividida por la imagen de correlación previa con tonos en cada ubicación de píxel en el dominio no logarítmico, o de manera equivalente como la imagen de correlación posterior con tonos menos la imagen de correlación previa con tonos en cada ubicación de píxel en el dominio logarítmico. En todas estas formas de realización, debe observarse que la imagen de correlación previa con tonos (p.ej., una imagen de TM multiescala local) puede obtenerse a través de operaciones algebraicas sencillas (p.ej., multiplicaciones/divisiones en el dominio no logarítmico; sumas/restas en el dominio logarítmico) si se conoce tanto la imagen de relación (p.ej., una imagen de TM multiescala local) como la imagen de correlación previa con tonos (p.ej., una imagen HDR de entrada).

En algunas posibles formas de realización, en el dominio logarítmico, la imagen de relación global que se utiliza para generar otras imágenes de relación que se fusionarán en la relación multiescala local se calcula de manera eficiente mediante restas utilizando cantidades enteras de 16 bits. En algunas posibles formas de realización puede calcularse un máximo de referencia en relación con una imagen correlacionada con tonos y puede modificarse la imagen correlacionada con tonos de manera que no más de un pequeño porcentaje de píxeles esté fuera de una gama de colores admitida (p.ej., una gama de colores YCC extendida).

En algunas posibles formas de realización, los mecanismos descritos en el presente documento forman parte de un sistema de visualización, que incluye, pero sin limitarse a, un televisor, un ordenador portátil, un *netbook*, un radioteléfono celular, un lector de libros electrónicos, un terminal de punto de venta, un ordenador de escritorio, una estación de trabajo informática, un quiosco informático, otros diversos tipos de terminales y unidades de visualización, etc.

Varias modificaciones de las formas de realización preferidas y de los principios y características genéricos descritos en el presente documento resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica. Por tanto, la divulgación no pretende limitarse a las formas de realización mostradas, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características descritos en el presente documento.

2. SISTEMA DE CORRELACIÓN DE TONOS LOCAL MULTIESCALA

La FIG. 1A ilustra un sistema de correlación de tonos multiescala local (100) de ejemplo, según algunas posibles formas de realización de la presente invención. En algunas posibles formas de realización, el sistema de correlación de tonos multiescala local (100) puede configurarse con componentes de software y/o hardware que implementan un procesamiento de correlación de tonos multiescala local que convierte una imagen HDR de entrada (p.ej., 102) de un formato de entrada (p.ej., un formato RGB que comprende valores de coma flotante) en un formato de salida que comprende una combinación de una imagen correlacionada con tonos (TM) multiescala local (p.ej., 110) y de una imagen de relación multiescala local (p.ej., 106).

En algunas posibles formas de realización, el sistema (100) puede comprender componentes de software y/o hardware configurados para extraer o recibir la imagen HDR de entrada (102) desde una de muchas fuentes de entrada posibles, que pueden incluir, pero sin limitarse a, Internet, un medio de almacenamiento (p.ej., un DVD Blu-Ray, un disco duro, un almacenamiento de acceso a red (NAS), etc.), radiodifusión inalámbrica, radiodifusión por

satélite, cables, etc. La imagen HDR de entrada (102) puede ser parte, o no, de una secuencia de imágenes de entrada, tal como un flujo de vídeo. El sistema (100) puede almacenar/guardar la imagen HDR de entrada (102) en un espacio de memoria rápida interna de acceso aleatorio u otro tipo de espacio de memoria disponible.

5 En algunas posibles formas de realización, el sistema (100) puede comprender un operador de relación global (p.ej., 120) configurado para generar, en función de la imagen HDR de entrada (102), una imagen de ratio global (p.ej., 122). El sistema (100) puede almacenar/guardar la imagen de relación global (122) en un espacio de memoria rápida interna de acceso aleatorio. En algunas posibles formas de realización, el operador de relación global (120) puede corresponder a un correlacionador de tonos global (que puede implementarse en forma de función, 10 distribución, curva, tabla de datos, etc.), por ejemplo, un operador de TM global de ajuste de histogramas. Para los fines de la presente invención pueden usarse otros operadores de TM globales, tales como el operador Reinhard, etc., en lugar de o junto con el operador de TM global de ajuste de histogramas, como el correlacionador de tonos global con el que puede corresponderse el operador de relación global (120). En algunas posibles formas de realización, el nivel de resolución espacial de la imagen de relación global (122) puede ser, pero no está limitado a, 15 el mismo que el nivel de resolución espacial de la imagen HDR de entrada. Tal y como se utiliza en el presente documento, un nivel de resolución espacial se refiere al nivel de nitidez más alto que una imagen está configurada para expresar, y puede indicarse con el/los número(s) de píxeles independientes en una o más dimensiones espaciales. Por lo tanto, una imagen de bajo nivel de resolución espacial, cuando está muestreada de manera ascendente o está borrosa en relación con grandes dimensiones espaciales, se mantiene en el mismo bajo nivel de 20 resolución espacial.

En algunas posibles formas de realización, el sistema (100) puede comprender un operador de relación multiescala local (p.ej., 104). El operador de relación multiescala local (104) puede comprender generalmente software y/o hardware configurados para recibir una imagen de relación global (p.ej., 122), para realizar una operación de 25 relación multiescala local en la imagen de relación global (122) y para generar, en función de la imagen de relación global (122), la imagen de relación multiescala local (106).

En algunas posibles formas de realización, el sistema (100) puede comprender un operador de correlación de tonos (TM) multiescala local (p.ej., 108). El operador de TM multiescala local (108) puede comprender generalmente software y/o hardware configurados para realizar una operación de correlación de tonos multiescala local usando la 30 imagen HDR (102) y la imagen de relación multiescala local (106) como entrada, y para generar, en función de la imagen HDR y la imagen de relación multiescala local (106), la imagen de TM multiescala local (110) como salida.

En algunas posibles formas de realización, el sistema (100) puede estar configurado con componentes de software y/o hardware para proporcionar la imagen de TM multiescala local (110) y/o una imagen de relación multiescala local (106) a otros dispositivos y/u otros componentes dentro de o sin el sistema (100). En un ejemplo, el sistema (100) puede proporcionar la imagen de TM multiescala local (110) en una primera salida (p.ej., 112) y la imagen de 35 relación multiescala local (106) en una segunda salida (p.ej., 114). Tal y como se utiliza en el presente documento, la primera salida (112) y la segunda salida (114) pueden ser físicas o lógicas. En un ejemplo, dos trayectorias de datos independientes pueden utilizarse para transportar las dos salidas (112 y 114). En otro ejemplo, una única trayectoria de datos (p.ej., 124) puede utilizarse para transportar las dos salidas (112 y 114). Por ejemplo, la primera y la segunda salida (112 y 114), o las imágenes de TM y de relación multiescala local (106 y 110) en las mismas, pueden codificarse en un único flujo de bits con una estructura lógica a partir del cual puede descodificarse/recuperarse cada una de las imágenes de TM y de relación multiescala local (106 y 110). 40 45

En algunas posibles formas de realización, solamente una de las imágenes de TM y de relación multiescala local (106 y 110) puede proporcionarse por el sistema (100). En un ejemplo, el sistema (100) puede estar configurado para proporcionar solamente la imagen de TM multiescala local (110) a un dispositivo de visualización que no es HDR. En algunas posibles formas de realización, el sistema (100) puede estar configurado para proporcionar o bien 50 (1) solamente la imagen de TM multiescala local (110) o bien (2) ambas imágenes de TM y de relación multiescala local (106 y 110) a un dispositivo de visualización HDR. En algunas posibles formas de realización, las imágenes de TM y de relación multiescala local (106 y 110) del sistema (110) pueden almacenarse/transmitirse a través de un medio tangible (p.ej., un disco, un servidor basado en Internet, NAS, un medio de almacenamiento, etc.) a partir del cual un dispositivo de visualización pueden elegir qué imagen o combinación de imágenes decodificar/recuperar. 55

3. OPERADOR DE CORRELACIÓN DE TONOS LOCAL MULTIESCALA

La FIG. 1B es un diagrama de bloques que ilustra un operador de relación multiescala local de ejemplo (p. ej. 104), según algunas posibles formas de realización de la presente invención. 60

En algunas posibles formas de realización, el operador de relación multiescala local (104) puede comprender generalmente componentes de software y/o hardware configurados para crear, en función de la imagen de relación global (122), un conjunto de imágenes de relación que comprende una imagen de relación 1 (122-1),... y una imagen de relación N (122-N), donde N es un número entero positivo mayor que uno (1) que indica el número de diferentes 65 imágenes de relación del conjunto. En algunas posibles formas de realización, el conjunto de imágenes de relación comprende al menos dos imágenes de relación diferentes con distintos niveles de resolución espacial. En algunas

posibles formas de realización, la imagen de relación global (122) se incluye como un miembro del conjunto de imágenes de relación. En algunas otras posibles formas de realización, las imágenes de relación global (122) no están incluidas como un miembro del conjunto de imágenes de relación. En un ejemplo, el conjunto de imágenes de relación comprende la imagen de relación global (122) y otra(s) imagen(es) de relación (que puede(n) incluir, por ejemplo, la 122-N). La imagen de relación global (122) puede estar en el mismo nivel de resolución espacial que el nivel de resolución espacial de la imagen HDR de entrada, mientras que al menos una de la una o más imágenes de relación puede estar en un nivel de resolución espacial más bajo (p.ej., dos veces (2x), cuatro veces (4x), ocho veces (8x), etc., más tosco en una o más dimensiones espaciales) que el de la imagen HDR de entrada. En otro ejemplo, el conjunto de imágenes de relación comprende dos o más imágenes de relación, ninguna de las cuales es la imagen de relación global (122). Una imagen (p.ej., 122-1) de las dos o más imágenes de relación puede estar en un primer nivel de resolución espacial más bajo (p.ej., dos veces (2x), cuatro veces (4x), ocho veces (8x), etc., más tosco en una o más dimensiones espaciales) que el de la imagen HDR de entrada, mientras que al menos otra de las dos o más imágenes de relación puede estar en un segundo nivel de resolución espacial más bajo diferente (p.ej., cuatro veces (4x), ocho veces (8x), dieciséis veces (16x), etc., más tosco en una o más dimensiones espaciales) que el de la imagen HDR de entrada.

En algunas posibles formas de realización, el operador de relación multiescala local (104) puede comprender generalmente componentes de software y/o hardware configurados para generar, directa o indirectamente en función de la imagen de relación global (122), cada imagen de relación en el conjunto de imágenes de relación que no sea la propia imagen de relación global (122). Tal y como se utiliza en el presente documento, "generar una imagen de relación específica basada directamente en la imagen de relación global" significa que una operación se realiza directamente en la imagen de relación global (p.ej., 122) para generar la imagen de relación específica, mientras que "generar una imagen de relación específica basada indirectamente en la imagen de relación global" significa que una operación se realiza directamente en una imagen de relación intermedia, en lugar de realizarse directamente en la imagen de relación global, que puede haberse generado directa o indirectamente en función de la imagen de relación global (p.ej., 122) para generar la imagen de relación específica. En algunas posibles formas de realización, las operaciones realizadas en la imagen de relación global o imágenes de relación intermedias como las descritas en el presente documento pueden ser operaciones de muestreo descendente, operaciones de muestreo ascendente, multiplicaciones/divisiones en un dominio no logarítmico (o sumas/restas en un dominio logarítmico), operaciones de aumento o reducción de potencia en un dominio no logarítmico (o multiplicaciones/divisiones en un dominio logarítmico), etc.

En algunas posibles formas de realización, el operador de relación multiescala local (104) puede comprender generalmente componentes de software y/o hardware configurados para fusionar imágenes de relación del conjunto de imágenes de relación en una imagen de relación multiescala local (por ejemplo, 106). En algunas posibles formas de realización, el conjunto de imágenes de relación está ordenado en una sucesión desde el nivel de resolución espacial más alto hasta el nivel de resolución espacial más bajo. En algunas posibles formas de realización, una o más imágenes de relación con uno o más niveles de resolución espacial más altos (p.ej., imágenes de relación anteriores) se utilizan para generar una imagen de relación (p.ej., una imagen de relación subsiguiente) con un nivel de resolución espacial que no supera el uno o más niveles de resolución espacial más altos.

En algunas posibles formas de realización, cada imagen de relación del conjunto de imágenes de relación se almacena o se guarda por separado en un espacio de memoria antes de que la imagen de relación se fusione en la imagen de relación multiescala local (106). En algunas otras posibles formas de realización, cada imagen de relación del conjunto de imágenes de relación existe en sentido lógico, pero una imagen de relación subsiguiente puede fusionarse y almacenarse con los resultados fusionados de todas sus imágenes de relación anteriores antes de que se generen otras imágenes de relación subsiguientes.

4. PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MULTIESCALA LOCALES

La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques que ilustra un procedimiento de procesamiento de imágenes multiescala local (200) de ejemplo, según algunas posibles formas de realización de la presente invención. Las flechas continuas de la FIG. 2 indican los flujos de datos, mientras que las flechas discontinuas indican flujos de control. El procedimiento (200) puede llevarse a cabo mediante uno o más dispositivos informáticos.

En la etapa 202, el procedimiento de procesamiento de imágenes multiescala local (200) puede invocarse desde una aplicación, lo que puede estar relacionado, pero sin limitarse a, la visualización de una imagen HDR en un dispositivo de visualización de rango dinámico estándar (SDR). En la etapa 204, el procedimiento (200) puede cargar una imagen HDR de entrada (p.ej., 102) en un espacio de memoria. La imagen HDR de entrada (102) puede ser una imagen RGB de coma flotante, mientras que la imagen de salida de escala de grises correlacionada con tonos del procedimiento (200) puede ser una imagen de escala de grises de 8 bits con las mismas dimensiones que indica valores de luminancia correlacionados con tonos, por ejemplo, en una escala de codificación gamma ($\gamma=2,2$), como parte de una imagen correlacionada con tonos multiescala locales (p.ej., 110).

En la etapa 206, la imagen HDR de entrada puede convertirse en una imagen HDR con valores de luminancia logarítmicos (denotados como "Log Y") (en un espacio de colores que puede estar relacionado con un espacio de

colores YUV, u otro espacio de colores que comprende un canal de brillo además de canales relacionados con la crominancia). Por simplicidad, la imagen HDR con valores de luminancia logarítmicos puede denominarse en el presente documento imagen HDR en dominio Log Y (212). Tal y como se utiliza en el presente documento, los valores de luminancia pueden referirse a valores de luminancia, valores de brillo o valores de luminancia comprimidos o expandidos gamma. En la etapa 208, el procedimiento (200) puede calcular un histograma Log Y basándose en los valores de luminancia logarítmicos de la imagen HDR en el dominio Log Y, produciendo un histograma Log Y (214). En la etapa 210, el procedimiento (200) puede realizar cálculos basándose en el histograma Log Y (214) y generar una curva de correlación de tonos global (216) que puede utilizarse en operaciones de relación o de correlación de tonos por un operador de correlación de tonos (TMO) de ajuste de histogramas global o directa o indirectamente por un operador de relación global (p.ej., 120) que puede corresponder al TMO de ajuste de histogramas global.

El flujo de funcionamiento del procedimiento (200) en este punto puede alcanzar un punto de referencia A (240), lo que conduce hasta la etapa 218. En la etapa 218, el procedimiento puede aplicar el TMO de histogramas global basándose en la curva de correlación de tonos global (216) para correlacionar valores Log Y de la imagen Log Y (212) con valores correlacionados con tonos globales en el dominio Log Y y restar los valores Log Y de la imagen HDR en el dominio Log Y con los valores correlacionados con tonos globales para generar una imagen de relación global (p.ej., 122) en el dominio Log Y, que puede denominarse en el presente documento imagen de relación logarítmica global (228).

En la etapa 220, el procedimiento (200) puede aplicar un operador de relación multiescala local (p.ej., 300 de la FIG. 3) a la imagen de relación logarítmica global (228) para generar una imagen de relación multiescala local (p.ej., 106), que puede denominarse imagen de relación logarítmica local (230). En algunas posibles formas de realización, el operador de relación multiescala local puede ser el mismo que o una parte del operador de relación multiescala local 104, como se ilustra en la FIG. 1A y la FIG. 1B. En algunas posibles formas de realización, el operador multiescala local puede crear un conjunto de imágenes de relación (p.ej., de 122-1 a 122-N) y fusionar las imágenes de relación en la imagen de relación logarítmica local (230), como se explica más en detalle con referencia a la FIG. 3.

En la etapa 222, la imagen de relación logarítmica local (230) se combina con la imagen Log Y (212) para generar una imagen Log Y correlacionada con tonos 232. La combinación puede ser una suma en el dominio logarítmico o una multiplicación en el dominio lineal. En algunas posibles formas de realización, la operación de relación realizada en la etapa 218 puede ser una resta en el dominio logarítmico (que puede ser una operación de división en un dominio no logarítmico), mientras que la operación realizada por el operador de TM multiescala local (220) en la etapa 222 puede ser una operación inversa (p.ej., una suma en el dominio logarítmico, que puede ser una operación de multiplicación en el dominio no logarítmico).

En la etapa 224, el procedimiento (200) puede encontrar/calcular, a través de la imagen Log Y correlacionada con tonos (232), un valor de luminancia máximo de referencia (que puede denominarse máximo Log Y 234). Los valores de luminancia por debajo del valor de luminancia máximo de referencia, combinados con valores de crominancia correspondientes obtenidos a partir de la imagen HDR de entrada, pueden mantenerse dentro de una gama de colores particular admitida por una amplia variedad de dispositivos de visualización, incluidos dispositivos de visualización que no son HDR. El valor de luminancia máximo de referencia con respecto a la imagen puede elegirse de manera que no más de un pequeño porcentaje de píxeles supere la gama de colores.

En la etapa 226, el procedimiento (200) puede restar el valor de luminancia máximo Log Y (234) a los valores de luminancia de la imagen Log Y correlacionada con tonos y convertir los valores de luminancia de la imagen Log Y correlacionada con tonos, a los que se les resta el valor de luminancia máximo Log Y (234), en valores de coma fija (p.ej., un resultado de 8 bits). En la etapa 236, los valores de luminancia del resultado de 8 bits pueden almacenarse en una imagen correlacionada con tonos de escala de grises correlacionada con tonos corregida que se utilizará junto con valores de crominancia obtenidos a partir de la imagen HDR como una imagen correlacionada con tonos (a color). En algunas posibles formas de realización, la imagen correlacionada con tonos de escala de grises correlacionada con tonos corregida se devuelve, en la etapa 238, a la aplicación que llama.

5. OPERADOR DE RELACIÓN MULTIESCALA LOCAL

La FIG. 3 muestra un diagrama de bloques que ilustra un operador de relación multiescala local de ejemplo (p.ej., 220 de la FIG. 2 o 104 de la FIG. 1A), según algunas posibles formas de realización de la presente invención. El operador de relación multiescala local (220) puede implementar un flujo de procesamiento (300) llevado a cabo por uno o más dispositivos informáticos.

En el bloque 302, el operador multiescala local (202) puede empezar con la recepción de una imagen de relación logarítmica global (p.ej., 228), denotada en el presente documento como R. Tal y como se utiliza en el presente documento, un "valor de relación" puede hacer referencia a un valor de relación de luminancia. Una "imagen de relación" en el presente documento puede referirse a una imagen de relación de escala de grises que comprende valores de relación de luminancia. En el bloque 304, el operador (220) puede calcular una pluralidad de niveles de resolución espacial, N. Para los fines de la presente invención, " calcular N" también puede incluir fijar N

directamente a un valor entero constante positivo de 2, 3, 4, 5, 6, etc. En algunas posibles formas de realización, el nivel de resolución espacial de la imagen de relación logarítmica global (228) se utiliza como un factor en el cálculo de N. Solamente con fines ilustrativos, la imagen de relación logarítmica global (228) puede ser, pero sin limitarse a, un cuadro de imagen rectangular con Dx (p.ej., 2048, etc.) píxeles en una dimensión horizontal y Dy (p.ej., 1536, etc.) píxeles en una dimensión vertical. Así, el nivel de resolución espacial de la imagen de relación logarítmica global (228), o el de la imagen HDR de entrada (102), puede caracterizarse por un número total de Dx por Dy píxeles en el cuadro de imagen.

En algunas posibles formas de realización, para calcular el número total de niveles de resolución espacial, N, el nivel de resolución espacial de la imagen de relación logarítmica global (228) se reduce sucesivamente en un factor de un entero positivo, $m_x * m_y$ (donde * denota una operación de multiplicación), hasta un punto en el que una reducción adicional del nivel de resolución espacial podría hacer que el nivel de resolución espacial resultante esté por debajo de un nivel de resolución espacial mínimo. En este caso, m_x puede ser un entero positivo que indica el número de píxeles a lo largo de la dimensión horizontal de una imagen de relación (precedente) que se convierten en un píxel a lo largo de la dimensión horizontal de una imagen de relación subsiguiente inmediatamente posterior a la imagen de relación precedente; m_y puede ser un entero positivo que indica el número de píxeles a lo largo de la dimensión vertical de la imagen de relación (precedente) que se convierten en un píxel a lo largo de la dimensión horizontal de la imagen de relación subsiguiente inmediatamente posterior a la imagen de relación precedente. Tal y como se utiliza en el presente documento, el nivel de resolución espacial mínimo puede referirse a un nivel de resolución espacial preconfigurado y/o configurado mediante programación que está por debajo del nivel de resolución espacial de la imagen de relación logarítmica global (228); el valor más bajo que el nivel de resolución espacial mínimo puede tomar no puede ser inferior a un (1) píxel en cualquiera de las dimensiones espaciales de la imagen de relación logarítmica global (228).

En algunas posibles formas de realización se determina en primer lugar el número máximo de niveles de resolución espacial admisibles a lo largo de cada una de las dimensiones espaciales de la imagen de relación logarítmica global (228).

Por ejemplo, el número máximo de niveles, N_x , admitido por la resolución ilustrada en la dimensión horizontal puede calcularse como el valor más grande que satisface la siguiente expresión:

$$m_x^{N_x} \leq D_x \quad \text{expresión (1)}$$

Asimismo, el número máximo de niveles, N_y , admitido por la resolución ilustrada en la dimensión vertical puede calcularse como el valor más grande que satisface la siguiente expresión:

$$m_y^{N_y} \leq D_y \quad \text{expresión (2)}$$

En algunas posibles formas de realización, N se fija a cualquier entero positivo mayor que uno (1) y no mayor que los valores máximos de N_x y N_y calculados en las expresiones (1) y (2).

En algunas posibles formas de realización, N se fija a un valor entero positivo mayor que uno (1) de modo que el nivel de resolución espacial más pequeño en la parte superior de una pirámide de las imágenes de relación (que se obtienen reduciendo sucesivamente la resolución de una imagen de relación precedente empezando por la imagen de relación logarítmica global (228)) es al menos de 1 píxel de ancho en cada dimensión.

Para los fines de la presente invención, pueden utilizarse otras maneras de calcular N. Por ejemplo, en lugar de usar las constantes m_x y m_y , m_x y m_y pueden fijarse a diferentes valores en dos o más niveles de resolución espacial diferentes. En algunas posibles formas de realización, N puede fijarse a un valor preconfigurado o configurable por el usuario; los niveles de resolución espacial pueden determinarse en función de, al menos en parte, el valor de N preconfigurado o configurable por el usuario. En algunas posibles formas de realización, N y/o uno o más de los niveles de resolución espacial se determinan sin realizar un análisis de imágenes del contenido de la imagen HDR de entrada (102), de la imagen de relación logarítmica global (228) o de una imagen de relación anterior que se utiliza para deducir la imagen de relación actual. En algunas otras posibles formas de realización, el análisis de imágenes puede llevarse a cabo en el contenido de una o más de las anteriores imágenes; N y/o uno o más de los niveles de resolución espacial pueden determinarse en función de, al menos en parte, el resultado del análisis de imágenes. En varias posibles formas de realización, m_x y m_y pueden ser constantes o puede variar en función de los niveles, o incluso pueden variar en ubicaciones dentro del cuadro de imagen de la imagen HDR de entrada (102). En varias formas de realización posibles, la dependencia de la ubicación puede deberse, o no, al resultado del análisis de imágenes.

En algunas posibles formas de realización, en el bloque 306, el operador (220) llama a una función multiescala, denotada como FunciónMS (328), la cual tiene parámetros de llamada R_i e i se fija inicialmente a R y N, respectivamente, donde el parámetro de llamada i puede ser un índice correspondiente a un nivel de resolución

espacial. En algunas posibles formas de realización, R es la imagen de relación global (122). En algunas posibles formas de realización, FunciónMS (328) se implementa tal y como se ilustra en la FIG. 3.

5 En el bloque 308, el operador (220) puede crear una nueva trama de pila en el nivel de resolución espacial indicado por i. Esta trama de pila se utiliza para almacenar valores de relación en el nivel de resolución espacial correspondiente a i. En algunas posibles formas de realización, una trama de pila como la descrita en el presente documento contiene una pluralidad de píxeles que corresponden al nivel de resolución espacial para almacenar valores de relación (p.ej., en el dominio logarítmico) en el nivel de resolución espacial.

10 En el bloque 310, el operador (220) puede calcular γ_i (o γ_i) para el nivel de resolución espacial i, donde γ_i es un valor gamma (que es un valor de potencia en el dominio no logarítmico y un valor multiplicativo en el dominio logarítmico) para el nivel de resolución espacial i. En algunas posibles formas de realización, un valor (p.ej., 1/N, etc.) que no depende del valor de i se asigna a γ_i . En algunas otras posibles formas de realización, un valor que depende del valor de i puede asignarse a γ_i . En una posible forma de realización particular, γ_i puede obtenerse de la siguiente manera:

$$\gamma_i = 2^i / (N * (N + 1)) \quad \text{expresión (3)}$$

20 Por tanto, en esta forma de realización, cuanto mayor sea el nivel de resolución espacial, mayor será el valor de γ_i .

25 En algunas posibles formas de realización, la suma de los valores γ_i de todos los niveles está restringida, pero sin limitarse a esto en otras posibles formas de realización, a un valor fijo, por ejemplo uno (1). En algunas posibles formas de realización, tal restricción en los valores de γ_i se utiliza para mantener el rango dinámico deseado de una imagen de salida correlacionada con tonos correspondiente dentro de un intervalo específico, por ejemplo admitido por un rango particular de dispositivos de visualización.

30 En el bloque 312, el operador (220) puede comprobar si i es menor que o igual a un número mínimo (p.ej., uno (1)), que puede corresponder al nivel de resolución espacial más bajo de los N niveles de resolución espacial descritos. Si es así, el flujo de procesamiento (300) avanza hasta el bloque 322; en caso contrario, el flujo de procesamiento (300) avanza hasta el bloque 314. Inicialmente, puesto que i se fija a N, que es mayor que uno (1), el flujo de procesamiento avanza hasta el bloque 314. En el bloque 314, el operador (220) puede muestrear de manera descendente uno de los parámetros de entrada para FunciónMS (328), en concreto la imagen de relación R_i , a R_{i-1} . En varias formas de realización posibles, el muestreo descendente de R_i a R_{i-1} puede llevarse a cabo en una de muchas maneras diferentes. En un ejemplo, si $m_x * m_y$ píxeles de R_i se convierte en un píxel en R_{i-1} , el píxel de R_{i-1} puede elegirse como un valor medio de los píxeles de R_i , o algún otro valor representativo, que puede depender de valores de relación de los $m_x * m_y$ píxeles de R_i . En otro ejemplo, un filtro, tal como un filtro gaussiano, puede aplicarse a los valores de píxel de R_i para obtener el píxel de R_{i-1} .

40 En el bloque 316, el operador (220) puede llamar a FunciónMS (328), de manera recursiva, con parámetros R_i e i fijados ahora a R_{i-1} e (i-1), respectivamente. Los bloques 310, 312, 314 y 316 descritos anteriormente pueden repetirse (o llamarse recursivamente) hasta que i ya no se encuentre por encima del valor mínimo (p.ej., uno (1)). Cuando i sea inferior o igual al valor mínimo (p. ej. 1), el flujo de procesamiento avanza hasta el bloque 322.

45 En el bloque 322, el operador (220) puede elevar (cada uno de los valores de relación de) R_i a una potencia γ_i , lo que puede conseguirse con una operación de multiplicación en valores de relación en el dominio logarítmico de la siguiente manera:

$$R_i := \gamma_i * R_i \quad \text{expresión (4)}$$

50 En algunas posibles formas de realización, esta operación de elevación de potencia se realiza para cada valor de relación de R_i .

55 En el bloque 326, el operador (220) puede devolver la R_i modificada final al llamador principal (p.ej., 306 o 316), tal como figura en la expresión (4).

En el bloque 318, el operador (220) puede muestrear de manera ascendente los valores de relación de R_{i-1} para crear R_i' .

60 En el bloque 320, el operador (220) puede elevar (cada valor de relación de) R_i a una potencia γ_i y multiplicarse con R_i' para generar una R_i modificada en el nivel i. Debe observarse que en el dominio logarítmico, elevar R_i a una potencia γ_i corresponde a una simple multiplicación de $R_i * \gamma_i$, y la multiplicación correspondiente a la suma. O bien,

$$R_i := R_i' + \gamma_i * R_i \quad \text{expresión (5)}$$

Por lo tanto, R_i en (320) puede considerarse como la suma de imágenes de relación local ponderadas, donde, en una forma de realización, los factores de ponderación corresponden a los valores γ_i en cada una de las iteraciones. La operación de elevación de potencia puede llevarse a cabo para cada valor de relación de R_i . La operación de multiplicación puede llevarse a cabo para cada par de valores de relación en la posición espacial en R_i y R_i' .

En el bloque 326, el operador (220) puede devolver la R_i modificada al llamador principal. En el nivel de iteración final, la R_i modificada puede devolverse como la imagen de relación logarítmica local (230 de la FIG. 2).

Con fines ilustrativos se ha descrito que una imagen de relación multiescala local puede generarse con el flujo de procesamiento (recursivo) de la FIG. 3. Cabe señalar que para los fines de la presente invención, una imagen de relación multiescala local puede generarse con un flujo de procesamiento diferente. Por ejemplo, en lugar de usar un procesamiento recursivo, puede utilizarse una función iterativa u otro tipo de flujo de procesamiento. Estos y otros tipos de flujos de procesamiento utilizados para generar una imagen de relación multiescala local están dentro del alcance de la presente invención.

6. FLUJO DE PROCESO DE EJEMPLO

La FIG. 4A ilustra un flujo de proceso de ejemplo según una posible forma de realización de la presente invención. En algunas posibles formas de realización, uno o más dispositivos o componentes informáticos, tales como una unidad de procesamiento de imágenes, pueden llevar a cabo este flujo de proceso. En el bloque 410, la unidad de procesamiento de imágenes puede aplicar un operador de relación global a valores de luminancia obtenidos a partir de una imagen de entrada de alto rango dinámico (HDR) para generar una imagen de relación de escala de grises de alta resolución que comprende valores de relación de luminancia. En algunas posibles formas de realización, la imagen de relación de escala de grises de alta resolución es una imagen de relación de escala de grises con el mismo nivel de resolución espacial que el de la imagen HDR. En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes convierte primero los valores de luminancia de la imagen HDR de entrada en un dominio logarítmico.

En algunas posibles formas de realización, el operador de relación global comprende un operador de ajuste de histogramas de luminancia global en relación con un operador de correlación de tonos global. En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes calcula, basándose en los valores de luminancia obtenidos a partir de la imagen HDR de entrada, una curva de ajuste de histogramas y puede aplicar la curva de ajuste de histogramas a los valores de luminancia obtenidos a partir de la imagen HDR de entrada para generar la imagen de relación de escala de grises de alta resolución.

En algunas posibles formas de realización, en un dominio no logarítmico, los valores de relación de luminancia de la imagen de relación de escala de grises de alta resolución comprenden una pluralidad de valores de relación, donde cada uno de los cuales es un valor de luminancia correlacionado globalmente con tonos de una imagen correlacionada con tonos global dividida por uno de los valores de luminancia obtenidos de la imagen HDR de entrada.

En el bloque 420, la unidad de procesamiento de imágenes puede generar, basándose en, al menos en parte, la imagen de relación de escala de grises de alta resolución, una imagen de relación de escala de grises multiescala local que comprende una combinación ponderada de al menos dos imágenes de relación de escala de grises diferentes, cada una de un nivel de resolución espacial diferente. Tal y como se utiliza en el presente documento, "combinación ponderada" significa una suma aditiva en el dominio logarítmico, pero un producto multiplicativo en el dominio no logarítmico; factores de ponderación utilizados en la combinación ponderada pueden ser valores γ , que son factores multiplicativos en el dominio logarítmico o factores exponenciales en el dominio no logarítmico.

En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes asigna al menos dos factores de ponderación a las al menos dos imágenes de relación de escala de grises diferentes. En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes asigna valores de una pluralidad de factores de ponderación a una pluralidad de imágenes de relación de escala de grises que se utilizan para generar la imagen de relación de escala de grises multiescala local. En algunas posibles formas de realización, la pluralidad de imágenes de relación de escala de grises incluye las al menos dos imágenes de relación de escala de grises. En algunas posibles formas de realización, los valores de la pluralidad de factores de ponderación se normalizan a un valor preconfigurado. En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes asigna al menos dos factores de ponderación a las al menos dos imágenes de relación de escala de grises diferentes.

En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes asigna un primer valor a un primer factor de ponderación para una primera imagen de relación de escala de grises en una pluralidad de imágenes de relación de escala de grises que se utilizan para generar la imagen de relación de escala de grises

multiescala local, y puede asignar un segundo valor a un segundo factor de ponderación para una segunda imagen de relación de escala de grises de la pluralidad de imágenes de relación de escala de grises. En algunas posibles formas de realización, el primer valor es mayor que el segundo valor; la primera imagen de relación de escala de grises tiene un mayor nivel de resolución espacial que la segunda imagen de relación de escala de grises.

5 En algunas posibles formas de realización, las al menos dos imágenes de relación de escala de grises diferentes incluyen la imagen de relación de escala de grises de alta resolución. En algunas posibles formas de realización, las al menos dos imágenes de relación de escala de grises diferentes incluyen al menos una imagen de relación de escala de grises determinada en función de la imagen de relación de escala de grises de alta resolución mediante el
10 muestreo descendente de valores de relación de luminancia de la imagen de relación de escala de grises de alta resolución.

En el bloque 430, la unidad de procesamiento de imágenes puede usar valores de relación de la imagen de relación de escala de grises multiescala local con los valores de luminancia obtenidos de la imagen HDR de entrada para
15 generar una imagen de escala de grises correlacionada con tonos. En algunas posibles formas de realización, valores de luminancia correlacionados con tonos de la imagen de escala de grises correlacionada con tonos comprenden un rango dinámico reducido menor que el de los valores de luminancia de la imagen HDR de entrada. En algunas posibles formas de realización, los valores de luminancia correlacionados con tonos de la imagen de escala de grises correlacionada con tonos están en una escala de codificación gamma.

20 En algunas posibles formas de realización, la imagen HDR de entrada es una imagen RGB de coma flotante. En algunas otras posibles formas de realización, la imagen HDR de entrada es una imagen RGB de coma fija (p.ej., 16 bits para cada canal R, G o B). En algunas posibles formas de realización, la imagen de escala de grises correlacionada con tonos comprende una imagen de escala de grises de coma fija con dimensiones espaciales
25 iguales a las dimensiones espaciales de la imagen HDR de entrada.

En algunas posibles formas de realización, la unidad de procesamiento de imágenes calcula un máximo de referencia a través de la imagen de escala de grises correlacionada con tonos de tal forma que un porcentaje de
30 píxeles que se salen de una gama de colores no supere un umbral.

En algunas posibles formas de realización, la imagen de relación de escala de grises multiescala local se obtiene usando un procesamiento recursivo.

35 En algunas posibles formas de realización, la imagen de escala de grises correlacionada con tonos obtenida a partir de la imagen de relación de escala de grises multiescala local y la imagen HDR de entrada se utiliza como una imagen constitutiva para obtener una imagen a color correlacionada con tonos. En un ejemplo, la imagen a color correlacionada con tonos sin la imagen de relación de escala de grises multiescala local puede utilizarse para la renderización en un dispositivo de renderización de imágenes.

40 En otro ejemplo, la imagen a color correlacionada con tonos junto con la imagen de relación de escala de grises multiescala local puede proporcionarse a un sistema de procesamiento de imágenes para su renderización en un dispositivo de renderización de imágenes. En algunas posibles formas de realización, la imagen a color correlacionada con tonos y la imagen de relación de escala de grises multiescala local son utilizadas por el sistema de procesamiento de imágenes para generar una imagen HDR de salida.

45 La FIG. 4B ilustra un flujo de proceso de ejemplo según una posible forma de realización de la presente invención. En algunas posibles formas de realización, uno o más dispositivos o componentes informáticos, tales como una unidad de procesamiento de imágenes, pueden llevar a cabo este flujo de proceso. En el bloque 440, la unidad de procesamiento de imágenes puede aplicar un operador de correlación de tonos global a valores de luminancia
50 obtenidos a partir de una imagen de alto rango dinámico (HDR) para generar una imagen de relación de escala de grises de alta resolución que comprende valores de relación de luminancia.

En el bloque 450, la unidad de procesamiento de imágenes puede determinar una pluralidad de niveles de resolución espacial entre el nivel de resolución más alto y el nivel de resolución más bajo. En algunas posibles
55 formas de realización, el número de niveles de resolución espacial se determina sin realizar un análisis de imágenes del contenido de la imagen HDR de entrada. En algunas posibles formas de realización, el número de niveles de resolución espacial se determina en función de, al menos en parte, el resultado del contenido de análisis de imagen de la imagen HDR de entrada.

60 En el bloque 460, la unidad de procesamiento de imágenes puede muestrear de manera descendente, para cada nivel de resolución espacial desde el nivel de resolución más alto hasta un nivel de resolución espacial inmediatamente por encima del nivel de resolución más bajo, una imagen de relación correspondiente a cada nivel de resolución espacial para generar una imagen de relación subsiguiente correspondiente a un nivel de resolución espacial inmediatamente inferior a cada nivel de resolución espacial.

65 En el bloque 470, la unidad de procesamiento de imágenes puede muestrear de manera ascendente, para cada

nivel de resolución espacial desde el nivel de resolución más bajo hasta un nivel de resolución espacial inmediatamente por debajo del nivel de resolución más alto, una imagen de relación correspondiente a cada nivel de resolución espacial para generar una imagen de relación de muestreo ascendente correspondiente a cada nivel de resolución espacial.

5 En el bloque 480, la unidad de procesamiento de imágenes puede determinar un valor de factor de ponderación para cada imagen de relación diferente de una pluralidad de imágenes de relación, dando lugar así a una pluralidad de factores de ponderación. En este caso, cada una de las imágenes de relación puede corresponder a un nivel de resolución espacial de la pluralidad de niveles de resolución espacial.

10 En el bloque 490, la unidad de procesamiento de imágenes puede determinar una imagen de relación multiescala local como una combinación ponderada de la pluralidad de imágenes de relación ponderadas por la pluralidad de factores de ponderación.

15 7. MECANISMOS DE IMPLEMENTACIÓN - VISIÓN GLOBAL DEL HARDWARE

Según una forma de realización, las técnicas descritas en el presente documento se implementan mediante uno o más dispositivos informáticos de propósito especial. Los dispositivos informáticos de propósito especial pueden estar cableados para llevar a cabo las técnicas, o pueden incluir dispositivos electrónicos digitales, tales como uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) o matrices de puertas programables *in situ* (FPGA), que están programados de manera persistente para llevar a cabo las técnicas, o pueden incluir uno o más procesadores de hardware de propósito general programados para llevar a cabo las técnicas según instrucciones de programa en firmware, memoria, otro almacenamiento o una combinación de los mismos. Tales dispositivos informáticos de propósito especial también pueden combinar lógica cableada personalizada, ASIC o FPGA con programación personalizada para llevar a cabo las técnicas. Los dispositivos informáticos de propósito especial pueden ser sistemas informáticos de escritorio, sistemas informáticos portátiles, dispositivos manuales, dispositivos de conexión en red o cualquier otro dispositivo que incluya lógica cableada y/o de programa para implementar las técnicas.

30 Por ejemplo, la FIG. 5 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema informático 500 en el que puede implementarse una forma de realización de la invención. El sistema informático 500 incluye un bus 502 u otro mecanismo de comunicación para comunicar información, y un procesador de hardware 504 acoplado al bus 502 para procesar información. El procesador de hardware 504 puede ser, por ejemplo, un microprocesador de propósito general.

35 El sistema informático 500 también incluye una memoria principal 506, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM) u otro dispositivo de almacenamiento dinámico, acoplada al bus 502 para almacenar información e instrucciones que serán ejecutadas por el procesador 504. La memoria principal 506 también puede usarse para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones que serán ejecutadas por el procesador 504. Tales instrucciones, cuando están almacenadas en medios de almacenamiento no transitorios accesibles por el procesador 504, convierten el sistema informático 500 en una máquina de propósito especial que está adaptada para llevar a cabo las operaciones especificadas en las instrucciones.

45 El sistema informático 500 incluye además una memoria de solo lectura (ROM) 508 u otro dispositivo de almacenamiento estático acoplado al bus 502 para almacenar información estática e instrucciones para el procesador 504. Un dispositivo de almacenamiento 510, tal como un disco magnético o un disco óptico, está previsto y acoplado al bus 502 para almacenar información e instrucciones.

50 El sistema informático 500 puede estar acoplado, a través del bus 502, a un dispositivo de visualización 512, tal como un tubo de rayos catódicos (CRT), para mostrar información al usuario de un ordenador. Un dispositivo de entrada 514, que incluye teclas alfanuméricas y de otro tipo, está acoplado al bus 502 para comunicar información y selecciones de comandos al procesador 504. Otro tipo de dispositivo de entrada de usuario es un control de cursor 516, tal como un ratón, una bola de seguimiento o teclas de direccionamiento de cursor, que comunica información de direccionamiento y selecciones de comandos al procesador 504 y que controla el movimiento del cursor en el dispositivo de visualización 512. Este dispositivo de entrada tiene normalmente dos grados de libertad en dos ejes, un primer eje (por ejemplo, x) y un segundo eje (por ejemplo, y), que permiten al dispositivo especificar posiciones en un plano.

60 El sistema informático 500 puede implementar las técnicas descritas en el presente documento usando lógica cableada personalizada, uno o más ASIC o FPGA, firmware y/o lógica de programa que, de manera combinada con el sistema informático, hacen que o programan el sistema informático 500 para que sea una máquina de propósito especial. Según una forma de realización, las técnicas del presente documento se llevan a cabo por el sistema informático 500 como respuesta a que el procesador 504 ejecute una o más secuencias de una o más instrucciones incluidas en la memoria principal 506. Tales instrucciones pueden guardarse en la memoria principal 506 desde otro medio de almacenamiento, tal como el dispositivo de almacenamiento 510. La ejecución de las secuencias de instrucciones incluidas en la memoria principal 506 hace que el procesador 504 lleve a cabo las etapas de proceso descritas en el presente documento. En formas de realización alternativas, puede usarse un sistema de circuitos

cableado en lugar de o en combinación con instrucciones de software.

El término "medios de almacenamiento" usado en el presente documento se refiere a cualquier medio no transitorio que almacena datos y/o instrucciones que hacen que una máquina funcione de manera específica. Tales medios de almacenamiento pueden comprender medios no volátiles y/o medios volátiles. Los medios no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, tales como el dispositivo de almacenamiento 510. Los medios volátiles incluyen memoria dinámica, tal como la memoria principal 506. Formas comunes de medios de almacenamiento incluyen, por ejemplo, un disquete, un disco flexible, un disco duro, una unidad de estado sólido, una cinta magnética o cualquier otro medio de almacenamiento de datos magnético, un CD-ROM, cualquier otro medio de almacenamiento de datos óptico, cualquier medio físico con patrones de orificios, una RAM, una PROM, una EPROM, una FLASH-EPROM, una NVRAM y cualquier otro chip o cartucho de memoria.

Los medios de almacenamiento son distintos pero pueden usarse junto con los medios de transmisión. Los medios de transmisión transfieren información entre los medios de almacenamiento. Por ejemplo, los medios de transmisión incluyen cables coaxiales, hilos de cobre y fibra óptica, incluidos los cables que comprenden el bus 502. Los medios de transmisión también pueden adoptar la forma de ondas acústicas o luminosas, tales como las generadas durante las comunicaciones de datos mediante ondas de radio e infrarrojos.

Varios tipos de medios pueden usarse para transmitir una o más secuencias de una o más instrucciones al procesador 504 para su ejecución. Por ejemplo, las instrucciones pueden estar inicialmente en un disco magnético o una unidad de estado sólido de un ordenador remoto. El ordenador remoto puede cargar las instrucciones en su memoria dinámica y enviar las instrucciones a través de una línea telefónica usando un módem. Un módem local al sistema informático 500 puede recibir los datos en la línea telefónica y usar un transmisor de infrarrojos para convertir los datos en una señal infrarroja. Un detector de infrarrojos puede recibir los datos transmitidos en la señal infrarroja y un sistema de circuitos apropiado puede transferir los datos al bus 502. El bus 502 transmite los datos a la memoria principal 506 desde la que el procesador 504 recibe y ejecuta las instrucciones. Las instrucciones recibidas por la memoria principal 506 pueden almacenarse opcionalmente en el dispositivo de almacenamiento 510 antes o después de su ejecución por el procesador 504.

El sistema informático 500 incluye además una interfaz de comunicaciones 518 acoplada al bus 502.

La interfaz de comunicaciones 518 proporciona un acoplamiento de comunicación de datos bidireccional a un enlace de red 520 que está conectado a una red local 522. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 518 puede ser una tarjeta de red digital de servicios integrados (RDSI), un módem por cable, un módem por satélite o un módem que proporciona una conexión de comunicación de datos hacia un tipo correspondiente de línea telefónica. Como otro ejemplo, la interfaz de comunicaciones 518 puede ser una tarjeta de red de área local (LAN) que proporciona una conexión de comunicación de datos hacia una LAN compatible. También pueden implementarse enlaces inalámbricos. En cualquiera de estas implementaciones, la interfaz de comunicaciones 518 envía y recibe señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que transmiten flujos de datos digitales que representan varios tipos de información.

El enlace de red 520 proporciona normalmente una comunicación de datos, a través de una o más redes, a otros dispositivos de datos. Por ejemplo, en enlace de red 520 puede proporcionar una conexión a través de una red local 522 hacia un ordenador principal 524 o hacia equipos de datos gestionados por un proveedor de servicios de Internet (ISP) 526. A su vez, el ISP 526 proporciona servicios de comunicación de datos a través de la red mundial de comunicación de datos por paquetes, denominada actualmente de manera común "Internet" 528. Tanto la red local 522 como Internet 528 usan señales eléctricas, electromagnéticas u ópticas que transmiten flujos de datos digitales. Las señales a través de las diversas redes y las señales en el enlace de red 520 y a través de la interfaz de comunicaciones 518, que transmiten los datos digitales hacia y desde el sistema informático 500, son formas de ejemplo de medios de transmisión.

El sistema informático 500 puede enviar mensajes y recibir datos, incluido un código de programa, a través de la(s) red(es), el enlace de red 520 y la interfaz de comunicaciones 518. En el ejemplo de Internet, un servidor 530 puede transmitir un código solicitado para un programa de aplicación a través de Internet 528, el ISP 526, la red local 522 y la interfaz de comunicaciones 518.

El código recibido puede ejecutarse por el procesador 504 cuando se recibe y/o almacenarse en el dispositivo de almacenamiento 510, o en otro almacenamiento no volátil, para su posterior ejecución.

8. EQUIVALENCIAS, EXTENSIONES, ALTERNATIVAS Y MISCELÁNEA

En la anterior memoria descriptiva se han descrito posibles formas de realización de la invención con referencia a numerosos detalles específicos que pueden variar entre diferentes implementaciones. Por tanto, el único y exclusivo indicador de lo que es la invención, y considerado por los solicitantes a ser la invención, es el conjunto de reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento, que comprende:

- 5 hacer converger valores de luminancia en una imagen de entrada de alto rango dinámico (HDR) (102) en un dominio logarítmico para generar una imagen de entrada logarítmica (212),
- aplicar un operador de relación global (120) a valores de luminancia en el dominio logarítmico obtenidos a partir de la imagen de entrada de alto rango dinámico (HDR) para generar una imagen de relación de escala de grises de alta resolución (122, 228) en el dominio logarítmico que comprende valores de relación de luminancia, donde el operador de relación global (120) corresponde a un operador de correlación de tonos de ajuste de histogramas global;
- 10 generar, en función de, al menos en parte, la imagen de relación de escala de grises de alta resolución en el dominio logarítmico, una imagen de relación de escala de grises multiescala local (106) que comprende una combinación ponderada de al menos una primera y una segunda imagen de relación de escala de grises diferentes (230), cada una de un nivel de resolución espacial diferente, donde la primera imagen de relación de escala de grises es una imagen de relación de escala de grises de alta resolución con el mismo nivel de resolución espacial que el de la imagen HDR, la segunda imagen de relación de escala de grises es una versión muestreada de manera descendente de la primera imagen de relación de escala de grises determinada por valores de relación de luminancia de muestreo descendente de la primera imagen de relación de escala de grises, donde la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106) se obtiene usando un procesamiento recursivo;
- 15 sumar la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106) a la imagen de entrada logarítmica (212) para generar una imagen de escala de grises correlacionada con tonos (232) en el dominio logarítmico.
- 20 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el operador de relación global (120) comprende un operador de ajuste de histogramas de luminancia global en relación con un operador de correlación de tonos global.
- 25 3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que valores de luminancia correlacionados con tonos de la imagen de escala de grises correlacionada con tonos (232) comprenden un rango dinámico reducido menor que el de los valores de luminancia de la imagen HDR de entrada.
- 30 4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la imagen HDR de entrada es una de una imagen RGB de coma flotante o una imagen RGB de coma fija, y en el que la imagen de escala de grises correlacionada con tonos (232) comprende una imagen de escala de grises de coma fija con las mismas dimensiones espaciales que las dimensiones espaciales de la imagen HDR de entrada.
- 35 5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que valores de luminancia correlacionados con tonos de la imagen de escala de grises correlacionada con tonos (232) están en una escala de codificación gamma.
- 40 6. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
- calcular, en función de los valores de luminancia obtenidos a partir de la imagen HDR de entrada, una curva de ajuste de histogramas (216); y
- aplicar la curva de ajuste de histogramas a los valores de luminancia obtenidos a partir de la imagen HDR de entrada para generar la imagen de relación de escala de grises de alta resolución.
- 45 7. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además calcular un máximo de referencia a través de la imagen de escala de grises correlacionada con tonos de tal forma que un porcentaje de píxeles que esté fuera de una gama de colores no supere un umbral.
- 50 8. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además asignar al menos dos factores de ponderación a las al menos primera y segunda imágenes de relación de escala de grises diferentes.
- 55 9. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:
- asignar valores de una pluralidad de factores de ponderación a una pluralidad de imágenes de relación de escala de grises que se utilizan para generar la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106), donde la pluralidad de imágenes de relación de escala de grises incluye las al menos primera y segunda imágenes de relación de escala de grises diferentes, y donde los valores de la pluralidad de factores de ponderación se normalizan a un valor preconfigurado.
- 60

10. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

5 asignar un primer valor a un primer factor de ponderación para una primera imagen de relación de escala de grises de una pluralidad de imágenes de relación de escala de grises que se utilizan para generar la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106); y asignar un segundo valor a un segundo factor de ponderación para una segunda imagen de relación de escala de grises de la pluralidad de imágenes de relación de escala de grises;

 donde el primer valor es mayor que el segundo valor; y

10 donde la primera imagen de relación de escala de grises tiene un nivel de resolución espacial más alto que la segunda imagen de relación de escala de grises.

11. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la imagen de escala de grises correlacionada con tonos (232) obtenida a partir de la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106) y la imagen HDR de entrada se utiliza como una imagen constitutiva para obtener una imagen a color correlacionada con tonos.

15 12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la imagen a color correlacionada con tonos sin la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106) se utiliza para la renderización en un dispositivo de renderización de imágenes.

20 13. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que la imagen a color correlacionada con tonos junto con la imagen de relación de escala de grises multiescala local (106) se proporciona a un sistema de procesamiento de imágenes para su renderización en un dispositivo de renderización de imágenes.

25 14. Un aparato que comprende un procesador y configurado para realizar uno cualquiera de los procedimientos descritos en las reivindicaciones 1 a 13.

30 15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador, que comprende instrucciones de software que, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que se lleve a cabo uno cualquiera de los procedimientos descritos en las reivindicaciones 1 a 13.

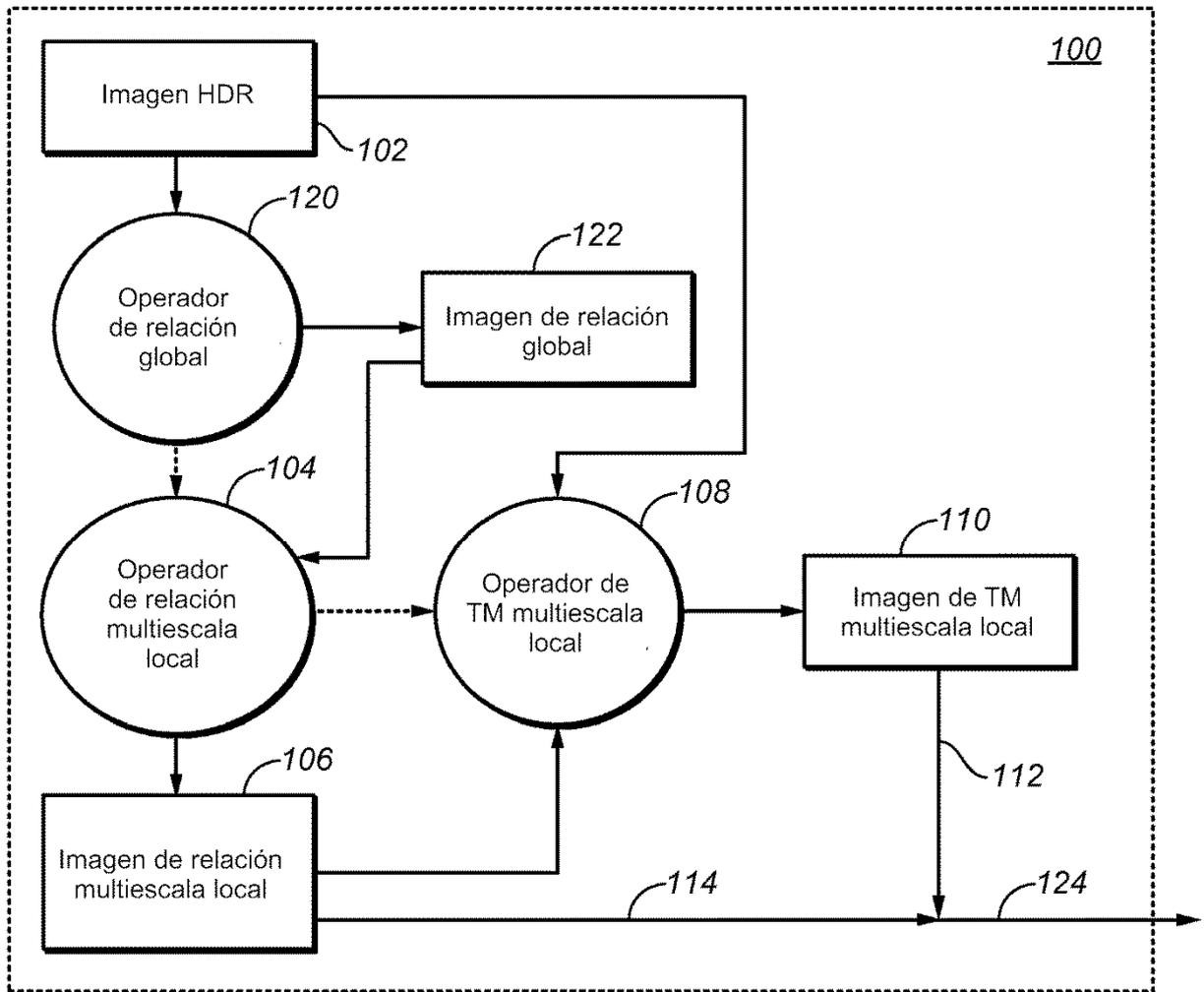


FIG. 1A

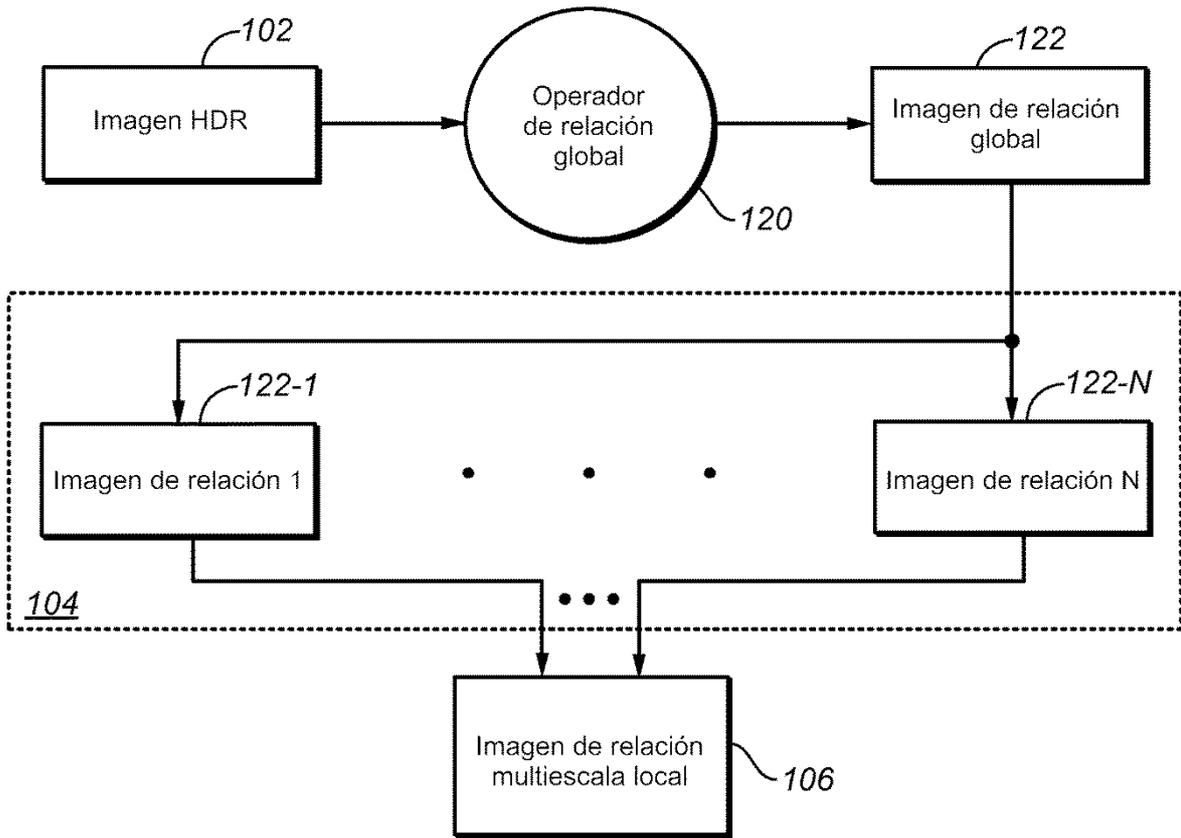


FIG. 1B

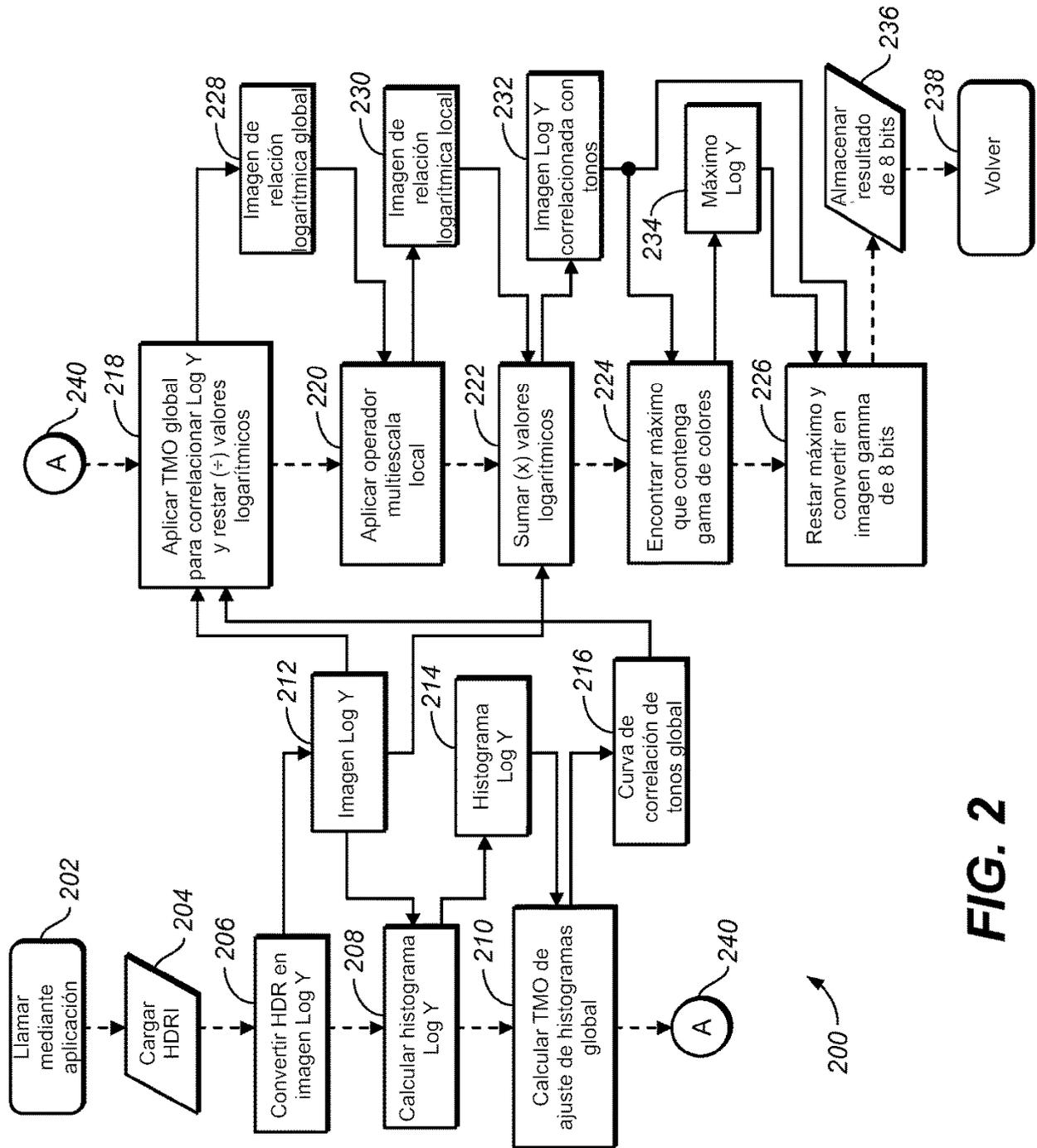


FIG. 2

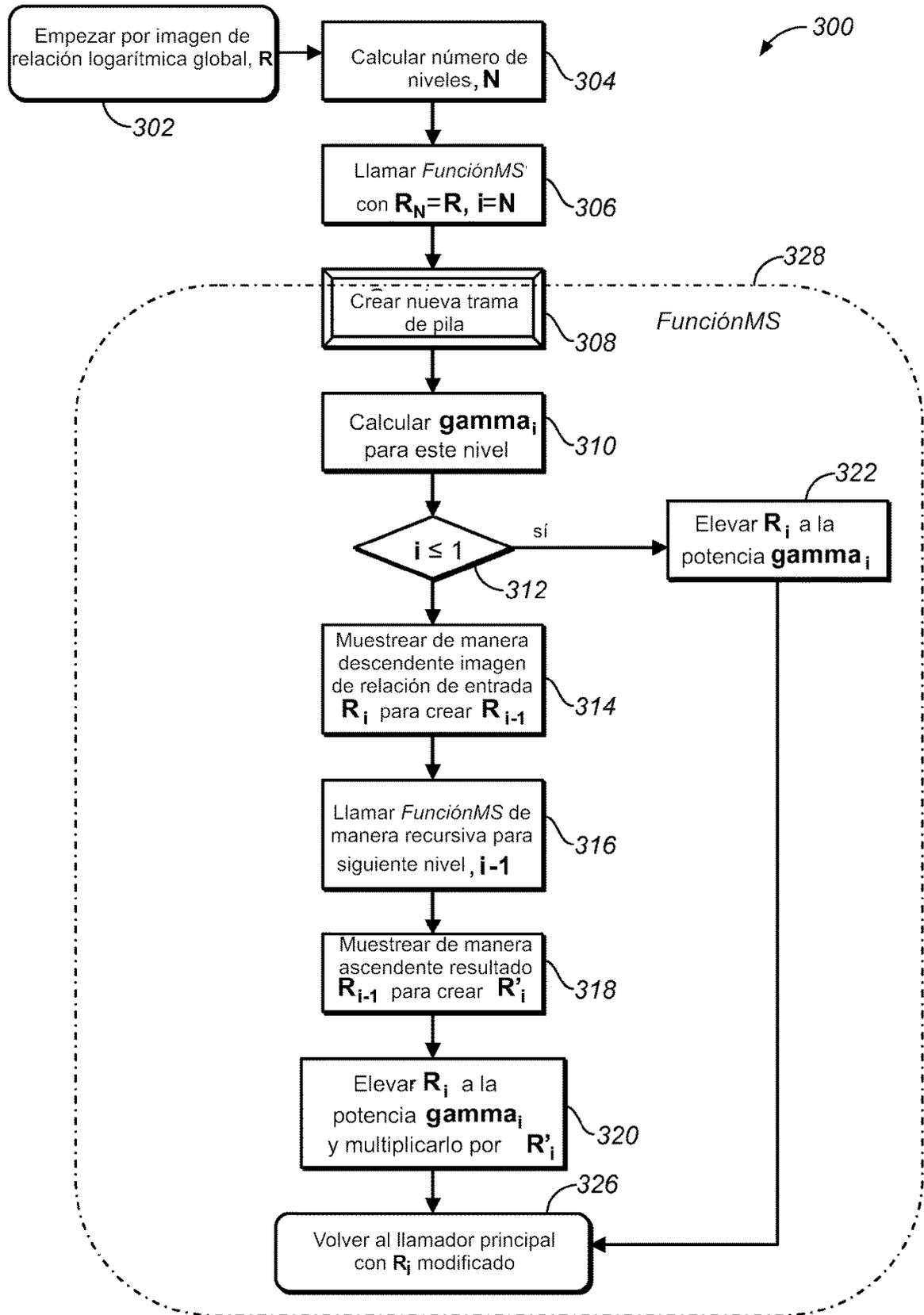


FIG. 3

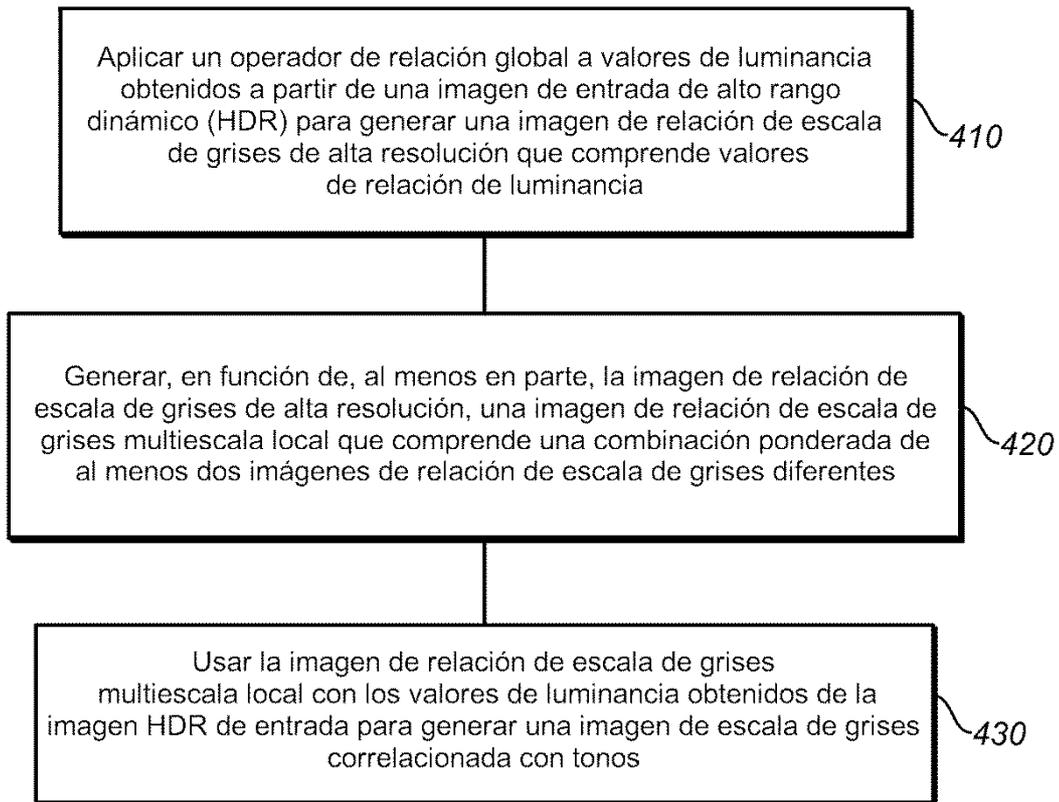


FIG. 4A

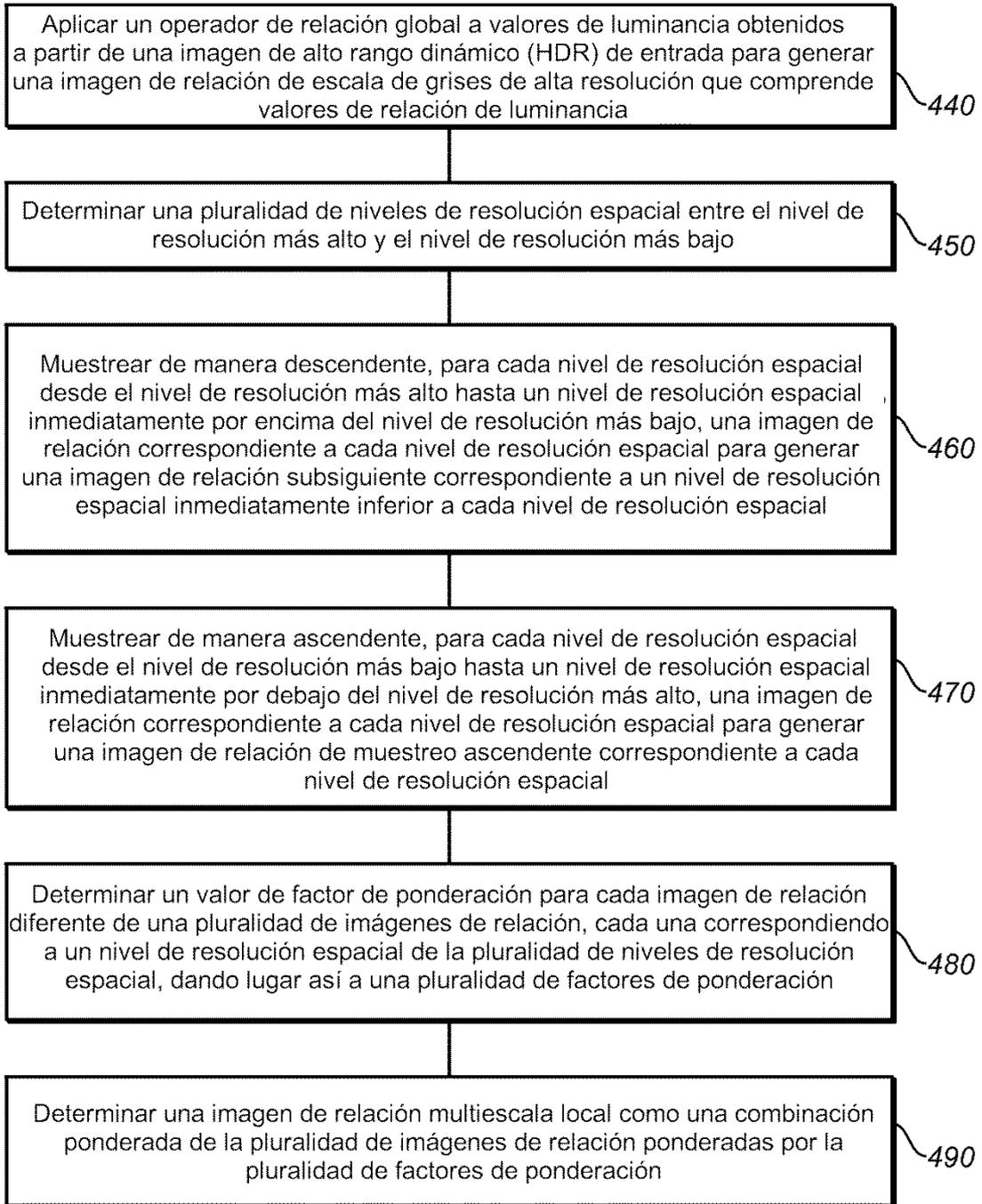


FIG. 4B

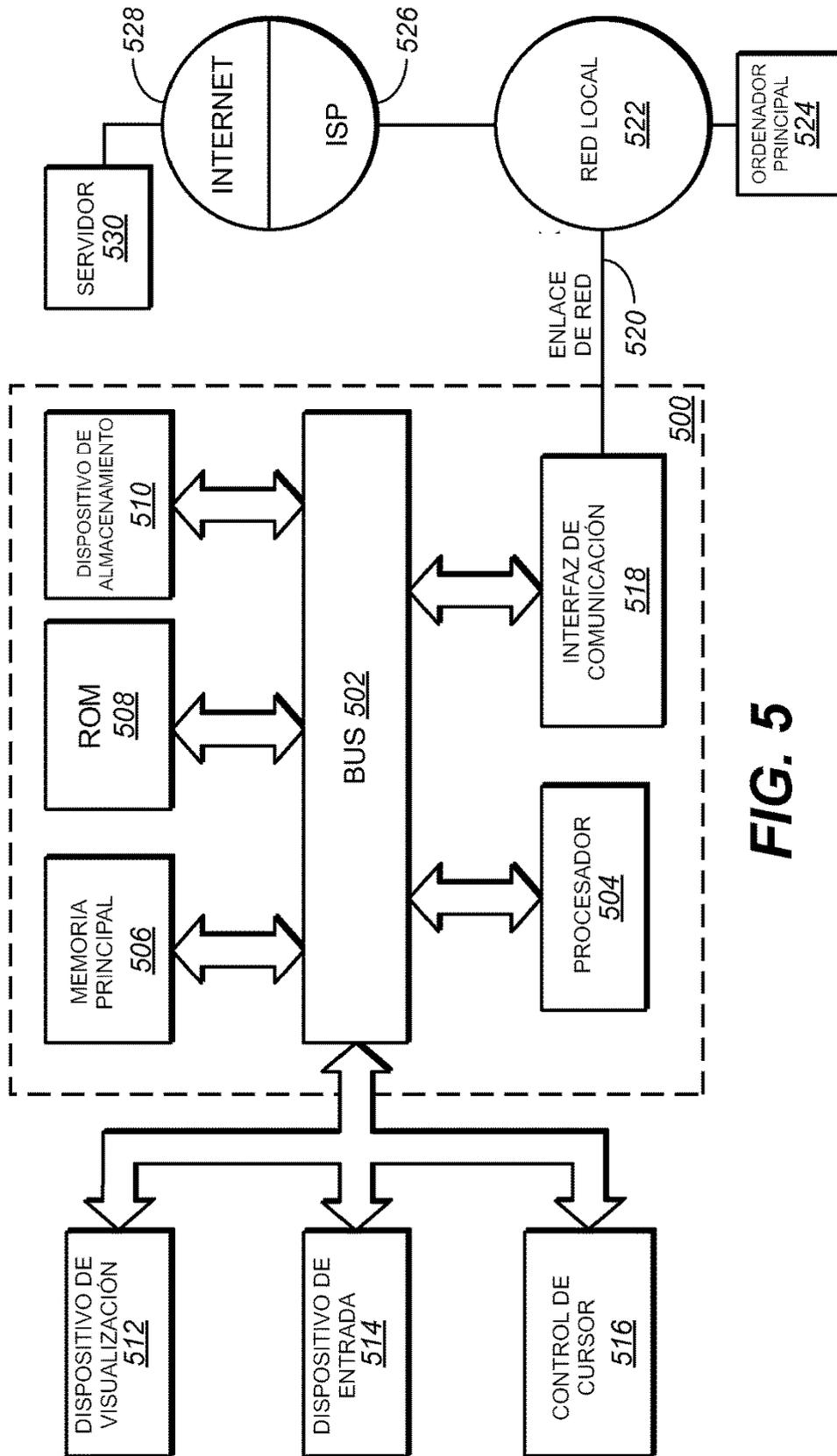


FIG. 5