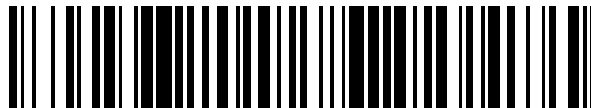


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 115**

51 Int. Cl.:

**G09G 3/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2008 E 08777420 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.09.2014 EP 2054755**

54 Título: **Aparato para generar una imagen interpolada**

30 Prioridad:

**15.06.2007 US 764076**

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

**07.01.2015**

73 Titular/es:

**RICOH COMPANY, LTD. (100.0%)  
3-6, NAKAMAGOME 1-CHOME OHTA-KU  
TOKYO 143-8555, JP**

72 Inventor/es:

**FENG, GUOTONG**

74 Agente/Representante:

**SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro**

**ES 2 526 115 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

Aparato para generar una imagen interpolada

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere al campo del procesamiento de imágenes; más específicamente, la presente invención se refiere a la realización del procesamiento de imágenes para reducir las perturbaciones en las pantallas biestables (por ejemplo, las pantallas electroforéticas) u otras pantallas que tienen características similares a las pantallas biestables.

10 ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Las pantallas electroforéticas se conocen como la tecnología prometida para las aplicaciones de papel electrónico y las generaciones futuras de dispositivos de mano inteligentes, donde son deseables un aspecto similar al papel, una buena legibilidad bajo diferentes condiciones de iluminación y un consumo de energía ultra-bajo. Muchas pantallas electroforéticas, tal como las pantallas electroforéticas microencapsuladas (MEP) E Ink, son capaces de una alta resolución (por ejemplo, 800 x 600 o superior), y pueden construirse usando unos arrays TFT de matriz activa convencionales que son similares a los usados en los CD, en los que 50 Hz (20 ms por trama) de velocidad de trama es de uso general.

Sin embargo, la característica electro-óptica de los estados de transición de tinta electrónica en muchas pantallas electroforéticas tales como las MEP E Ink requiere una velocidad de actualización de tramas mínima de 200 Hz (5 ms por trama) con el fin de alcanzar 1 L\* de resolución de claridad, donde 1 L\* representa una diferencia apreciable en claridad en un espacio de color CIELAB (CIE 1976 L\*a\*b\*). Esta velocidad de actualización de la trama no es práctica para pantallas de matriz activa de alta resolución hoy en día. Por lo tanto, en una pantalla de velocidad de trama de 50 Hz, pueden aparecer imágenes fantasmas anteriores en la pantalla cuando se produce una diferencia de claridad mayor que 1 L\* en píxeles con el mismo estado de nivel de gris actual, pero diferentes estados de nivel de gris anteriores. La figura 1 ilustra el desajuste de claridad en dos regiones en una pantalla de tinta electrónica.

Haciendo referencia a la figura 1, la imagen anterior es una letra "O" negra con el fondo blanco y la imagen actual es una letra "T" negra con el fondo gris claro. Las transiciones de negro a gris claro y de blanco a gris claro crean una diferencia que es apreciable a los humanos en claridad, que aparece como perturbaciones fantasmas no deseadas de la imagen anterior.

La figura 2 ilustra más detalles de por qué se produce el efecto fantasma, mostrando la anchura del pulso y la respuesta de claridad para diferentes transiciones de estado de gris en una pantalla electrónica. En esencia, el efecto fantasma es un error de cuantificación de visualización de la claridad entre dos estados de transición debido a una resolución limitada por la anchura del pulso. Como se muestra en la figura 2, la anchura de la trama 1 es la unidad mínima de cada anchura de pulso, y está limitado por la velocidad de trama de pantalla (típicamente 50 Hz).

El efecto fantasma es una característica desfavorable de los estados de conmutación de la tinta electrónica en las pantallas electroforéticas, e introduce severas perturbaciones de imagen en la pantalla. Para hacer frente a este problema, una solución es diseñar formas de onda optimizadas para los controladores de pantalla para conducir las transiciones de estado electrónicas. La anchura del impulso deseada se modula cambiando la secuencia de los pulsos de activación. La figura 3 ilustra dos tipos de formas de onda de las pantallas E Ink, unas formas de onda directas e indirectas, que se usan para controlar la transición de gris oscuro a gris claro en una pantalla de tinta electrónica. La forma de onda directa produce la menor exactitud, es decir, las peores perturbaciones fantasmas, y la forma de onda indirecta produce una mayor precisión, pero requiere una exhibición excesiva que tampoco es un aspecto favorable en la pantalla. Aunque las formas de onda indirectas pueden optimizarse a través de mediciones y de un modelo electro-óptico de predicción, siempre existe una contradicción entre la exhibición excesiva y la precisión. Esencialmente, este enfoque está muy restringido por la resolución de la anchura del impulso, que se establece por la velocidad de actualización de trama en el caso de la modulación por anchura de pulso descrita anteriormente. Para más información, véase Zehner, et al., "Drive Waveforms for Active Matrix Electrophoretic Displays", Recopilación de documentos técnicos, Simposio SID, 2003, páginas 842-845, y Amundson & Sjodin, "Achieving Graytone Images in a Microencapsulated Electrophoretic Display", Recopilación de documentos técnicos, Simposio SID, 2006, páginas 1918-1921.

También es posible conseguir la anchura del impulso deseada cambiando tensiones. Sin embargo, esto requeriría accionadores de pantalla más complicados que proporcionen múltiples tensiones y, por estas razones, es un enfoque no deseable. Existen algunas soluciones diferentes para reducir el efecto fantasma de las E Ink, todas ellas centradas en alterar la forma de onda con pulsos de activación especiales. Para obtener más información, véase la publicación de patente de Estados Unidos número 20070080926A1, titulada "Method and Apparatus for Driving an Electrophoretic Display Device with Reduced Image Retention", la solicitud PCT WO2005096259A1, titulada "An Electrophoretic Display with Reduced Cross Talk", y la solicitud PCT WO2005050610A1, titulada "Method and Apparatus for Reducing Edge Image Retention in an Electrophoretic Display".

Aunque no se han usado anteriormente para hacer frente a los problemas descritos anteriormente, existen una serie de técnicas de procesamiento de imágenes de la técnica anterior. Estas incluyen un procesamiento de medios tonos (half-toning) tradicional, un interpolado espacio-temporal, y un procesamiento de medios tonos de vídeo. El procesamiento de medios tonos tradicional trabaja para impresoras y pantallas. Sin embargo, todos estos métodos de procesamiento de medios tonos tradicionales solo funcionan en la dimensión espacial, y ninguno de estos métodos está diseñado para las pantallas electroforéticas. Para obtener más información, véase M. Analoui & J. P. Allebach, "Model-Based Half-toning Using Direct Binary Search", Proc. 1992 Simposio SPIE/IS & T en Tecnología y Ciencia de la Imagen Electrónica, vol. 1666, San José, CA, del 9 al 14 de febrero 1992, páginas 96-108; B. Kolpatzik y C. A. Bouman, "Optimized Error Diffusion for Image Display", J. Electronic Imaging, vol. 69, N° 10, páginas 1340-1349, octubre de 1979.

El interpolado espacio-temporal produce una alta resolución de intensidad en los dispositivos de visualización con baja resolución de intensidad difundiendo el error de cuantificación del nivel de gris en la siguiente trama de la imagen de la pantalla, tanto en la dimensión espacial como en la dimensión temporal. Para obtener más información, véase la patente de Estados Unidos número 5.254.982, titulada "Error propagated image half-toning with time-varying phase shift", expedida a Feigenblatt, et al., el 19 de octubre de 1993; la patente de Estados Unidos número 6.714.206, titulada "Method and system for spatial-temporal dithering for displays with overlapping pixels", expedida a Martin, et al., el 30 de marzo de 2004.; y J. B. Mulligan, "Methods for Spatio-Temporal Dithering", Recopilación de la conferencia SID '93, Seattle, WA, del 17 al 21 de mayo de 1993, páginas 155-158.

El procesamiento de medios tonos de vídeo reproduce una secuencia de vídeo digital en los dispositivos de visualización que tienen las resoluciones de intensidad y las paletas de colores limitadas. La idea esencial es negociar la resolución espacio-temporal de una intensidad mejorada y una resolución del color difundiendo el error de cuantificación de un píxel a sus vecinos espacio-temporales. Este proceso de difusión del error incluye una difusión del error temporal unidimensional y una difusión del error espacial de dos dimensiones, que pueden separarse. Para más información, véase Z. Sun, "Video half-toning", Transacciones IEEE en procesamiento de imágenes, 15 (3), páginas 678-86, de marzo de 2006; y C. B. Atkins, T. J. Flohr, D. P. Hilgenberg, C. A. Bouman, y J. P. Allebach, "Model-based color image sequence quantization", en Proc. SPIE: Human Vision, Visual Processing, and Digital Display V, 1994, vol. 2179, páginas 310-309.

El documento EP 0 573 174 A1 divulga un aparato y un método de control de visualización que tiene un cristal líquido ferroeléctrico como un medio de funcionamiento y que usa una memoria intermedia de trama de error para mantener los datos de error que se actualizan en base a los datos de error binarios generados cuando se digitaliza un píxel.

Zehner e et al: "20.2: Drive Waveforms for Active Matrix Electrophoretic Displays", 2003 Simposio internacional SID Recopilación de documentos técnicos. Baltimore, MD, del 20 al 22 mayo de 2003; [Simposio internacional SID Recopilación de documentos técnicos], San José, CA: SID, US, vol. XXXIV, 20 de mayo de 2003 (20-05-2003), páginas 842-845, XP007008253, divulga las formas de onda de accionamiento para pantallas electroforéticas.

Zhaohui Sun: "Video half-toning", Transacciones IEEE en procesamiento de imágenes; Centro de servicio IEEE; Piscataway, Nueva Jersey, US, vol. 15, número 3, 31 de marzo de 2006 (31-03-2006), páginas 678-686, XP002596418, ISSN: 1057-7149, DOI: DOI: 10.1109/TIP.2005.863023, divulga un método de procesamiento de medios tonos de vídeo que usa un esquema de difusión de errores separable.

#### DIVULGACIÓN DE LA INVENCION

Se proporciona un aparato para reducir las perturbaciones de imagen en las pantallas (por ejemplo, un papel electrónico, etc.) debidas a una imagen fantasma anterior de acuerdo con la invención que se define por la reivindicación adjunta.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se entenderá más completamente a partir de la descripción detallada dada a continuación y a partir de los dibujos adjuntos.

La figura 1 ilustra un desajuste de claridad en una pantalla biestable;

La figura 2 ilustra la respuesta de reflectancia de las transiciones de estado de nivel de gris de la tinta electrónica;

La figura 3 ilustra unas formas de onda de una transición desde el color gris oscuro al gris claro;

La figura 4A es un diagrama de flujo de una realización de un proceso para procesar una imagen con un procesamiento de medios tonos usando datos de la imagen procesados previamente.

La figura 4B es un diagrama de flujo de datos de una realización de una arquitectura para un procesamiento de medios tonos correlacionado con una secuencia de imágenes;

La figura 5 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un módulo de difusión de errores que incorpora una tabla de consulta (LUT) del error de cuantificación de visualización que sirve como base para entender la invención;

La figura 6 es un diagrama de bloques de una realización de un módulo de difusión de errores que incluye un filtro de difusión separado del error de cuantificación de visualización que representa la invención;

La figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra un modelo de error de cuantificación de visualización que no es parte de la invención;

5 La figura 8 es un diagrama de flujo de datos de una arquitectura alternativa de un procesamiento de medios tonos correlacionado con una secuencia de imágenes que no es parte de la invención; y

La figura 9 es un diagrama de bloques de una realización de un sistema informático para implementar la invención.

## 10 MEJOR MODO DE REALIZAR LA INVENCION

Se describe un método de procesamiento de imágenes para reducir las perturbaciones de imagen en pantallas biestables (por ejemplo, pantallas electroforéticas). Estas perturbaciones pueden deberse a imágenes fantasmas. En una realización, las perturbaciones de imagen se reducen realizando un procesamiento de medios tonos (half-toning) en las imágenes (por ejemplo, una imagen de escala de gris) que deben visualizarse teniendo en cuenta una imagen visualizada anteriormente. En una realización, cada imagen de entrada se convierte en una imagen de salida interpolada para visualizar usando un algoritmo de difusión de errores correlacionado con una secuencia de imágenes descrito en el presente documento.

20 En una realización, la difusión de errores se usa para el procesamiento de medios tonos, y el algoritmo de difusión de errores tiene en cuenta cada píxel de salida anterior junto con el píxel de salida actual. El error de visualización previsto de cada transición de nivel de gris se incluye en el bucle de realimentación del filtro de difusión de errores. En una realización, se genera el error de visualización para cada transición de estado de nivel de gris, que se alimenta en el bucle de realimentación de difusión de errores, usando una tabla de búsqueda de errores de visualización para cada par de estados de transición.

Téngase en cuenta que las técnicas descritas en el presente documento no se basan en predecir el modelo electro-óptico de pantallas de tinta electrónica, ni tampoco depende altamente del diseño de la forma de onda avanzado, lo que significa que los criterios para la optimización de la forma de onda podrían relajarse en gran medida aplicando el enfoque del procesamiento de imágenes propuesto.

30 En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles para proporcionar una explicación más completa de la presente invención. En otros casos, las estructuras y los dispositivos bien conocidos se muestran en forma de diagrama de bloques, más que en detalle, con el fin de evitar oscurecer la presente invención.

35 Algunas partes de las descripciones detalladas que siguen se presentan en términos de algoritmos y representaciones simbólicas de operaciones en bits de datos en una memoria de ordenador. Estas descripciones algorítmicas y representaciones son los medios usados por los expertos en materia de procesamiento de datos para transmitir más eficazmente la sustancia de su trabajo a otros expertos en la materia. Un algoritmo se concibe en este documento, y en general, para ser una secuencia auto-consistente de etapas que conducen a un resultado deseado. Las etapas son aquellas que requieren manipulaciones físicas de cantidades físicas. Por lo general, aunque no necesariamente, estas cantidades toman la forma de señales eléctricas o magnéticas capaces de almacenarse, transferirse, combinarse, compararse y de otro modo manipularse. Se ha probado conveniente en el tiempo, principalmente por razones de uso común, referirse a estas señales como bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, términos, números o similares.

40 Sin embargo, debería tenerse en mente, que todos estos y los términos similares se asocian con las cantidades físicas apropiadas y son simplemente etiquetas convenientes aplicadas a estas cantidades. A menos que se establezca específicamente de otro modo, como es evidente por la discusión siguiente, se aprecia que a lo largo de la descripción, las discusiones utilizan términos como "procesamiento" o "computación" o "cálculo" o "determinación" o "visualización" o similares, que se refieren a la acción y procesos de un sistema informático o un dispositivo de computación electrónica similar, que manipula y transforma datos representados como cantidades físicas (electrónicas) dentro de los registros y las memorias del sistema informático en otros datos representados de forma similar como cantidades físicas en las memorias o registros del sistema informático u otros dispositivos de almacenamiento de información, transmisión o visualización.

45 La presente invención se refiere a un aparato para realizar las operaciones en el presente documento. Este aparato puede construirse especialmente para los fines requeridos, o puede comprender un ordenador de propósito general activado o reconfigurado de forma selectiva por un programa de ordenador almacenado en el ordenador. Tal programa de ordenador puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador, tal como, pero no se limita a, cualquier tipo de disco incluyendo discos flexibles, discos ópticos, CD-ROM, y discos magnéticos ópticos, memorias de solo lectura (ROM), memorias de acceso aleatorio (RAM), EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas, o cualquier tipo de medio adecuado para almacenar instrucciones electrónicas y cada uno acoplado a un bus del sistema informático.

65

Los algoritmos y las pantallas presentadas en el presente documento no están inherentemente relacionados con ningún ordenador u otro aparato específico. Pueden usarse diversos sistemas de propósito general con programas de acuerdo con las enseñanzas del presente documento, o puede resultar conveniente construir un aparato más especializado para realizar las etapas del método requeridas. La estructura requerida para una variedad de estos sistemas aparecerá a partir de la siguiente descripción. Además, la presente invención no se describe con referencia a cualquier lenguaje de programación específico. Se apreciará que puede usarse una variedad de lenguajes de programación para implementar las enseñanzas de la invención como se describe en el presente documento.

Un medio legible por máquina incluye cualquier mecanismo para almacenar o transmitir información en un formato legible por una máquina (por ejemplo, un ordenador). Por ejemplo, un medio legible por máquina incluye una memoria de solo lectura ("ROM"); una memoria de acceso aleatorio ("RAM"); unos medios de almacenamiento en disco magnético; unos medios de almacenamiento óptico; unos dispositivos de memoria flash; eléctricos, ópticos, acústicos u otra forma de señales propagadas (por ejemplo, ondas portadoras, señales de infrarrojos, señales digitales, etc.); etc.

[VISIÓN GENERAL DE UN PROCESAMIENTO DE MEDIOS TONOS CORRELACIONADO CON UNA SECUENCIA DE IMÁGENES]

Una realización de la presente invención descrita en el presente documento reduce las perturbaciones en las pantallas biestables usando una técnica de procesamiento de medios tonos correlacionada con una secuencia de imágenes. Las pantallas biestables incluyen pantallas electroforéticas y pantallas de cristal líquido colestéricas.

En una realización, la técnica de procesamiento de medios tonos se implementa usando una difusión de errores; sin embargo en el ejemplo comparativo podría usarse cualquier método de procesamiento de medios tonos, incluyendo, pero no limitado a, un interpolado ordenado. En una realización, el algoritmo de difusión de errores incorpora el uso (y el impacto) de los errores de cuantificación de visualización.

La figura 4A es un diagrama de flujo de una realización de un proceso de procesamiento de imágenes. El proceso se realiza mediante una lógica de procesamiento, que puede comprender hardware (por ejemplo, circuitería, lógica dedicada, etc.), software (tal como el que se ejecuta en un sistema informático de propósito general o una máquina dedicada), o una combinación de ambos.

Haciendo referencia a la figura 4A, el proceso se inicia generando datos para una imagen que debe visualizarse (bloque 401 de proceso). En una realización, los datos de la imagen se generan usando una o más operaciones de procesamiento de imágenes. En una realización, la pantalla biestable comprende una pantalla electroforética. En una realización, los datos de imagen son una imagen de escala de gris.

A continuación, la lógica de procesamiento almacena de forma opcional los datos de imagen en una memoria intermedia (bloque 402 de proceso).

Una vez que los datos de imagen están disponibles, la lógica de procesamiento genera píxeles de una imagen para una pantalla biestable usando el procesamiento de medios tonos en base a los datos de la imagen visualizada anteriormente (bloque 403 de proceso). En una realización, la lógica de procesamiento genera píxeles de la imagen convirtiendo los datos de imagen en una imagen interpolada de salida y usando la imagen de salida interpolada como parte de un proceso de procesamiento de medios tonos aplicada a la siguiente imagen visualizada inmediatamente. En una realización, el proceso de procesamiento de medios tonos comprende una difusión de errores.

En una realización, la difusión de errores incorpora errores de cuantificación de visualización. En una realización, la difusión de errores modifica los datos de imagen de entrada usando una salida de un filtro de difusión de errores que es sensible a un error de entrada para cada píxel que se basa en un error de cuantificación de visualización asociado con cada píxel mencionado. En una realización, el error de entrada se basa en un error de cuantificación del nivel de gris y el error de cuantificación de visualización se genera usando una tabla de consulta (LUT) de errores de cuantificación de visualización. En una realización, la generación de píxeles de una imagen para una pantalla biestable usando el procesamiento de medios tonos en base a los datos de la imagen visualizada anteriormente incluye generar un error de cuantificación de visualización usando la LUT que tiene entradas de un valor de píxel de la imagen visualizada anteriormente y de una imagen de salida interpolada.

En una realización, el proceso de difusión de errores aplica filtros para el error de cuantificación de niveles de gris y para el error de cuantificación de visualización de forma separada. En este caso, generar los píxeles de una imagen para una pantalla biestable usando el procesamiento de medios tonos en base a los datos de la imagen visualizada anteriormente incluye generar el error de cuantificación de visualización usando la LUT que tiene entradas de un valor de píxel de una imagen visualizada anteriormente y de una imagen de salida interpolada.

En una realización, se incluye un error de cuantificación de visualización previsto para cada transición de nivel de gris en un bucle de realimentación de un filtro de difusión de errores.

La figura 4B es un diagrama de flujo de datos de una realización de una arquitectura de procesamiento de imágenes para realizar un procesamiento de medios tonos correlacionado con una secuencia de imágenes. En un procesamiento de medios tonos correlacionado con una secuencia de imágenes, a cada imagen de entrada de escala de gris se la realiza un procesamiento de medios tonos antes de visualizarse, y la imagen de procesamiento de medios tonos de salida se usa como una entrada del proceso de procesamiento de medios tonos para la siguiente imagen. En una realización, el proceso de procesamiento de medios tonos es un algoritmo blanco y negro. En otra realización, el proceso de procesamiento de medios tonos es un algoritmo de múltiples bits.

Cada uno de los bloques de procesamiento en la figura 4B comprende una lógica de procesamiento que puede comprender hardware (por ejemplo, circuitería, lógica dedicada, etc.), software (tal como se ejecuta en un sistema informático de propósito general o una máquina dedicada), o una combinación de ambos.

Haciendo referencia a la figura 4B, uno o más bloques 401 de procesamiento de imágenes opcionales genera una imagen k-1 de escala de gris, que se almacena opcionalmente en una memoria 402 intermedia. El bloque 403 de procesamiento de medios tonos realiza el proceso de procesamiento de medios tonos en la imagen k-1 de escala de gris en base a los datos de la imagen anterior para crear una imagen k-1 interpolada. La imagen k-1 interpolada puede almacenarse también opcionalmente en la memoria 404 intermedia. A continuación, la imagen k-1 interpolada se envía a la pantalla 405. La imagen k-1 interpolada se realimenta también en el bloque 403 de procesamiento de medios tonos para su uso en el procesamiento de medios tonos de la imagen k de escala de gris para producir la imagen k interpolada que, a su vez, realimenta al bloque 403 de procesamiento de medios tonos para su uso en la realización del procesamiento de medios tonos en la imagen k+1 de escala de gris para crear una imagen k+1 interpolada. El proceso se repite para todas las imágenes posteriores.

Las imágenes k-1, k y k+1, etc. pueden ser una secuencia de tramas de los mismos medios. En tal caso, el procesamiento de medios tonos trama a trama se realiza usando el proceso descrito en el presente documento.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un ejemplo de bloque 403 de procesamiento de medios tonos que sirve de base para la comprensión de la invención. Como se establece, el bloque 403 de procesamiento de medios tonos realiza la difusión de errores que incorpora una tabla de búsqueda de los errores de cuantificación de visualización. El algoritmo de difusión de errores incluye una tabla de búsqueda en el bucle de realimentación, en la que las entradas de la tabla de búsqueda (LUT) son el valor del pixel mostrado anteriormente,  $b_p(m, n)$ , y el valor  $b(m, n)$  del pixel de salida actual en la posición  $(m, n)$ , y la salida de la LUT es el error de visualización en claridad,  $e_d(m, n)$ , del pixel de salida actual. Se suma el error de visualización al bucle de realimentación del filtro de difusión de errores (denominado en el presente documento como H) junto con el error de cuantificación de nivel de gris provocado por el cuantificador con la función  $Q_s$  de cuantificación.

Haciendo referencia a la figura 5, los bloques se implementan con una lógica de procesamiento que puede comprender hardware (por ejemplo, circuitería, lógica dedicada, etc.), software (tal como el que se ejecute en un sistema informático de propósito general o una máquina dedicada), o una combinación de ambos. También, se muestra el procesamiento por pixel que se describe en términos de un valor de pixel. Sin embargo, sería evidente para un experto en la materia que el procesamiento de este se aplica a múltiples píxeles sino a todos los píxeles en una imagen.

Más específicamente, se introduce un valor 501  $x(m, n)$  de pixel en el sumador 501 que resta la salida del filtro 520 de difusión de errores para producir un valor de pixel de entrada modificado que es la entrada al cuantificador 502, que realiza la función  $Q_s$  de cuantificación. El valor de pixel de entrada modificado es también de entrada (mediante la resta) al sumador 522. El cuantificador 502 realiza la cuantificación para producir el pixel 533  $b(m, n)$  de salida. En una realización, la función de cuantificación puede realizar la producción 256 de cuantificación del color de los colores posibles del valor de pixel a 16 colores. La salida del bloque 502 de cuantificación se introduce al sumador 522, así como a la tabla 521 de consulta (LUT).

La LUT 521 contiene errores de cuantificación de visualización y genera un error 532  $e_d(m, n)$  de cuantificación de visualización en respuesta a la salida del cuantificador 522 y un valor de pixel de una imagen 534  $b_p(m, n)$  anterior. Esencialmente, el error de visualización es un tipo de error de cuantificación que se provoca por la resolución de la anchura de impulso limitada de una pantalla de tinta electrónica como se ha descrito anteriormente. Este error de cuantificación de visualización tiene características diferentes del error de cuantificación del nivel de gris producido por la aplicación de la función  $Q_s$  de cuantificación.

En este ejemplo, se usan los mismos parámetros del filtro de difusión de errores tanto para el error de cuantificación del nivel de gris como para el error de cuantificación de visualización. Es decir, el sumador 522 suma el error 532  $(m, n)$  de cuantificación de visualización a la salida del cuantificador, 533  $b(m, n)$ , y resta el valor de pixel actualizado que sale del sumador 501 para producir el valor 531  $e(m, n)$  del error. El valor 531  $e(m, n)$  del error se introduce en el filtro 520 de difusión de errores. En respuesta al error 531  $e(m, n)$  del valor, el filtro 520 de difusión de errores genera el valor que se introduce en el sumador 501 para la resta del pixel de entrada en base al valor del error, 531  $e(m, n)$ , recibido desde el sumador 522.

Obsérvese que los errores de visualización pueden determinarse a través de una serie de pruebas de varias maneras diferentes. En un ejemplo, los errores de visualización en la tabla de consulta pueden determinarse realizando una serie de pruebas en los paneles de visualización. En un ejemplo, se fija para probarse una cámara de alta resolución en la parte superior del panel de visualización, y se usa un programa de prueba para controlar automáticamente las instantáneas de la cámara y atrapar los datos de imagen capturados para cada actualización de pantalla. Se usan dos conjuntos de imágenes de escala de gris de prueba para la prueba. Un conjunto incluye imágenes en blanco de un solo color de cada nivel de gris intermedio, y otro grupo incluye imágenes de dos colores de cada par de niveles de gris intermedios con algún patrón específico (por ejemplo, dos colores en bandas alternativas). En cada prueba, el programa de prueba ejecuta primero la actualización de la pantalla para una entrada de imagen de prueba de dos colores, y a continuación, realiza un proceso de procesamiento de medios tonos mostrado en la figura 5 en una imagen de prueba de un solo color seguido de una actualización de la pantalla. El error de visualización correspondiente en la tabla de consulta se ajusta evaluando la uniformidad de la imagen capturada en el panel de pantalla para la salida de la imagen de prueba de un solo color interpolado. Este proceso de prueba de bucle cerrado puede realizarse de forma repetitiva para encontrar el mejor valor de aproximación para cada entrada del error de visualización en la tabla de consulta.

En una realización, el error de cuantificación del nivel de gris y el error de cuantificación de visualización se alimentan por separado en dos filtros de difusión de errores diferentes. Esto es especialmente útil cuando los dos tipos de errores de cuantificación tienen características diferentes. La figura 6 es similar a la disposición de procesamiento de medios tonos mostrada en la figura 5, excepto en la implementación del algoritmo de difusión de errores, donde  $H_d$  es el filtro 621 de difusión de errores de cuantificación de visualización, y  $H$  es el filtro 620 de difusión de errores convencional. La figura 6 representa la realización reivindicada por la reivindicación adjunta. En esta realización, el  $H_d$  comparte las mismas características lineales que  $H$ , pero puede tener diferentes pesos de difusión de errores. Haciendo referencia a la figura 6, las otras diferencias en relación con la figura 5 son la inclusión de un sumador adicional, el sumador 601, que suma las salidas del filtro 621 de difusión de errores de cuantificación de visualización y el filtro 620 de difusión de errores. El filtro 621 de difusión de errores de cuantificación de visualización genera su salida en respuesta al 532  $e_d(m, n)$ , que se emite como salida desde la LUT 521, mientras que el filtro 620 de difusión de errores genera su salida en respuesta al 532  $e(m, n)$ , que es el resultado del sumador 602 que resta la salida del sumador 501 de la salida del cuantificador 502, concretamente el 533b  $(m, n)$ .

Obsérvese también que los filtros de procesamiento de medios tonos (por ejemplo, los filtros de difusión de errores), así como los filtros de difusión de errores de cuantificación descritos en el presente documento pueden implementarse con filtros disponibles en la actualidad que son bien conocidos en la técnica. En una realización, el filtro  $H$  de difusión de errores es el siguiente:

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7 \\ 3 & 5 & 1 \end{bmatrix} .$$

Para otros ejemplos, véase R. W. Floyd, L. Steinberg, "An Adaptive Algorithm for Spatial Grey Scale. Proceedings of the Society of Information Display 17", 7577 (1976).

Como otra ilustración, la figura 7 muestra un diagrama de modelado simple del error de cuantificación de visualización junto con el algoritmo de difusión de errores descrito en la figura 6. La realización de la figura 7 no forma parte de la invención reivindicada. Haciendo referencia a la figura 7, el bloque 700 ilustra el modelo del error de cuantificación de visualización. En este modelo, el módulo 701 de la forma de onda recibe el valor de salida del píxel anterior y el valor de salida del píxel actual como entradas y los usa como un índice para una tabla de consulta de formas de onda para obtener una secuencia de pulsos de activación. A continuación, los pulsos de activación se aplican al panel de visualización para crear una reflectancia deseada. Se usa un módulo 702 del modelo electro-óptico para representar la característica de la tinta electrónica. Por simplicidad, el sistema visual humano (HVS) no se considera en este modelado. Como se ha mencionado anteriormente, el modelo de error de cuantificación de visualización puede medirse y representarse en la LUT 521 (mostrada en la figura 7). En un ejemplo, el número de entradas de la LUT 521 es pequeño para las pantallas de tinta electrónica actuales. Por ejemplo, para un dispositivo de 4-bit, solo se necesitan 256 entradas para la LUT 521.

En base al estudio anterior, la respuesta de impulso (es decir, reflectancia vs anchura de impulso) de la tinta electrónica es aproximadamente lineal para cada transición de estado de nivel de gris un período de tiempo fijo. Esta característica simplifica el modelado del error de cuantificación de visualización, lo que implica la baja complejidad del diseño del filtro de difusión de errores de cuantificación de visualización.

Existe un número de ventajas asociadas con las técnicas de procesamiento de imágenes descritas anteriormente. Por ejemplo, en una realización, las técnicas de procesamiento de imágenes descritas anteriormente no se basan en

la predicción del modelo electro-óptico de las pantallas electrónicas, son robustas en que el algoritmo de difusión de errores conserva las características de estabilidad de los algoritmos de difusión de errores convencionales, y pueden proporcionar una alta representación del nivel de gris adecuado en las pantallas electrónicas. En una realización, las técnicas de procesamiento de imágenes son ventajosas en que la tabla de búsqueda del error de cuantificación de visualización puede medirse fácilmente. Obsérvese también que las realizaciones de las técnicas de procesamiento de imágenes son computacionalmente eficientes y requieren un bajo uso de memoria.

#### EJEMPLOS COMPARATIVOS

En un ejemplo, la técnica de difusión de errores establecida anteriormente se amplía para incorporar la secuencia de imágenes futura si está disponible o es previsible. El algoritmo de difusión de errores descrito anteriormente en las figuras 4-7 solo usa la secuencia de imágenes pasada como entrada. En algunas aplicaciones específicas (por ejemplo, la exploración de imágenes, el lanzamiento de varias páginas), puede estar disponible o preverse la secuencia de imágenes futura para su visualización. En estos casos, la técnica de difusión de errores descrita anteriormente se amplía para incluir tanto la secuencia de imágenes pasada como la futura en el bucle de realimentación de difusión del error. Este enfoque ampliado puede lograr una mejor representación del nivel de gris y una mayor calidad de imagen.

La figura 8 es un diagrama de bloques de un ejemplo alternativo de una arquitectura de procesamiento de imágenes para realizar un procesamiento de medios tonos correlacionado con una secuencia de imágenes en el que las imágenes futuras en una secuencia se usan en la difusión de errores. La figura 8 ilustra una infraestructura sustancialmente similar a la figura 4, con la excepción de que incluye las líneas 801. La realización de la figura 8 no forma parte de la invención reivindicada. Haciendo referencia a la figura 8, se proporciona también la siguiente imagen de escala de gris para someterse al procesamiento de medios tonos del bloque 403 de procesamiento de medios tonos para su uso en el proceso de procesamiento de medios tonos en la imagen de escala de gris anterior. Por ejemplo, la imagen k de escala de gris se alimenta en el bloque 403 de procesamiento de medios tonos para su uso en el proceso de procesamiento de medios tonos aplicado a la imagen k-1 de escala de gris, como se muestra con la línea 801.

En otro ejemplo, las técnicas descritas anteriormente pueden extenderse a las pantallas electrónicas a color. Más específicamente, en un ejemplo, puede usarse una difusión de error en base a vectores en la misma infraestructura como se muestra en la figura 4, excepto que las mediciones de error de visualización se usan para todos los canales de color (por ejemplo, RGB).

En aún otro ejemplo, el algoritmo de difusión de errores descrito anteriormente se sustituye con otros algoritmos de procesamiento de medios tonos, tales como, por ejemplo, pero no limitados a, un interpolado ordenado, una máscara de ruido azul, etc. El enfoque del procesamiento de medios tonos correlacionado con una secuencia de imágenes descrito anteriormente trabaja con otros algoritmos de procesamiento de medios tonos. Por ejemplo, en un ejemplo, cuando se limita el coste de computación, y no es necesario un procesamiento de imágenes de alta calidad, los algoritmos de reconocimiento digital se usan para el procesamiento de medios tonos. Sin embargo, en este caso, ya que no existe un bucle de realimentación para incluir la tabla de consulta, se suma solo el error de cuantificación de visualización a la entrada del algoritmo de procesamiento de medios tonos. Por lo tanto, este enfoque no puede alcanzar la precisión similar al algoritmo de difusión de errores.

#### UN EJEMPLO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO

La figura 9 es un diagrama de bloques de un sistema informático ejemplar que puede realizar una o más de las operaciones descritas en el presente documento. Haciendo referencia a la figura 9, el sistema 900 informático puede comprender un sistema informático cliente o servidor ejemplar. El sistema 900 informático comprende un mecanismo de comunicación o bus 911 para comunicar información, y un procesador 912 acoplado con el bus 911 para procesar información. El procesador 912 incluye un microprocesador, pero no se limita a un microprocesador, tal como, por ejemplo, Pentium™, PowerPC™, Alfa™, etc.

El sistema 900 comprende además una memoria de acceso aleatorio (RAM), u otro dispositivo 904 de almacenamiento dinámico (denominado como memoria principal) acoplado al bus 911 para almacenar información e instrucciones para ejecutarse mediante el procesador 912. La memoria 904 principal puede usarse también para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de las instrucciones por el procesador 912.

El sistema 900 informático comprende también una memoria de solo lectura (ROM) y/u otro dispositivo 906 de almacenamiento estático acoplado al bus 911 para almacenar información estática e instrucciones para el procesador 912, y un dispositivo 907 de almacenamiento de datos, tal como un disco magnético o un disco óptico y su unidad de disco correspondiente. El dispositivo 907 de almacenamiento de datos está acoplado al bus 911 para almacenar información e instrucciones.



5 El sistema 900 informático puede acoplarse además a un dispositivo 921 de visualización, tal como un tubo de rayos catódicos (CRT) o una pantalla de cristal líquido (LCD), acoplado al bus 911 para mostrar información a un usuario informático. Un dispositivo 922 de entrada alfanumérica, que incluye teclas alfanuméricas y otras, puede acoplarse también al bus 911 para comunicar información y selecciones de órdenes al procesador 912. Un dispositivo de entrada de usuario adicional es un control 923 de cursor, tal como un ratón, un trackball, un trackpad, un estilete, unas teclas de dirección de cursor, acoplado al bus 911 para comunicar la información de dirección y las selecciones de órdenes al procesador 912, y para controlar el movimiento del cursor en la pantalla 921.

10 Otro dispositivo que puede acoplarse al bus 911 es un dispositivo 924 de copia impresa, que puede usarse para marcar información en un medio tal como un papel, una película, o tipos similares de medios. Otro dispositivo que puede acoplarse al bus 911 es una capacidad 925 de comunicación por cable/inalámbrica para la comunicación a un teléfono o dispositivo de mano portátil.

15 Obsérvese que pueden usarse cualquiera o todos los componentes del sistema 900 y el hardware asociado en la presente invención. Sin embargo, puede apreciarse que otras configuraciones del sistema informático pueden incluir algunos o todos los dispositivos.

20 La presente solicitud se basa en la solicitud de prioridad de Estados Unidos número 11/764, 076 presentada el 15 de junio 2007.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para generar un valor  $(b(m, n))$  de píxel de salida en una localización  $(m, n)$  de una imagen  $(k)$  interpolada que debe visualizarse en una pantalla (405) biestable, comprendiendo el aparato:

- 5 • un primer filtro (620) de difusión de errores y un segundo filtro (621) de difusión de errores;
- un sumador (601) configurado para sumar las salidas del primer filtro (620) de difusión de errores y del segundo filtro (621) de difusión de errores;
- 10 • un sumador (501) configurado para restar, de cada valor  $(x(m, n))$  de píxel de entrada de una imagen  $(k)$ , que se introduce en el aparato, las salidas sumadas del primer filtro (620) de difusión de errores y del segundo filtro (621) de difusión de errores para producir un valor de píxel de entrada modificado;
- un cuantificador (502) que está configurado para realizar una función  $(Q_s)$  de cuantificación en el valor de píxel de entrada modificado para producir el valor  $(b(m, n))$  de píxel de salida;
- 15 • un sumador (602) configurado para restar el valor de píxel de entrada modificado del valor  $(b(m, n))$  de píxel de salida producido por el cuantificador (502) para producir un valor  $(e(m, n))$  de error;
- en el que el primer filtro (620) de difusión de errores está configurado para tener la entrada del valor  $(e(m, n))$  de error y para generar su salida en respuesta al valor  $(e(m, n))$  de error;
- una tabla (521) de consulta configurada para tener la entrada del valor  $(b(m, n))$  de píxel de salida y para emitir como salida el error de visualización en claridad  $(e_d(m, n))$  en respuesta al valor  $(b(m, n))$  de píxel de salida y a un valor  $(b_p(m, n))$  de píxel de una imagen  $(k-1)$  interpolada anterior en dicha localización  $(m, n)$ , en el que la tabla (521) de consulta está configurada además para emitir como salida el error de visualización en claridad  $(e_d(m, n))$  al segundo filtro (621) de difusión de errores;
- 20 • en el que el segundo filtro (621) de difusión de errores está configurado para generar su salida en respuesta al error de visualización en claridad  $(e_d(m, n))$ .
- 25

1/10

**FIG.1**

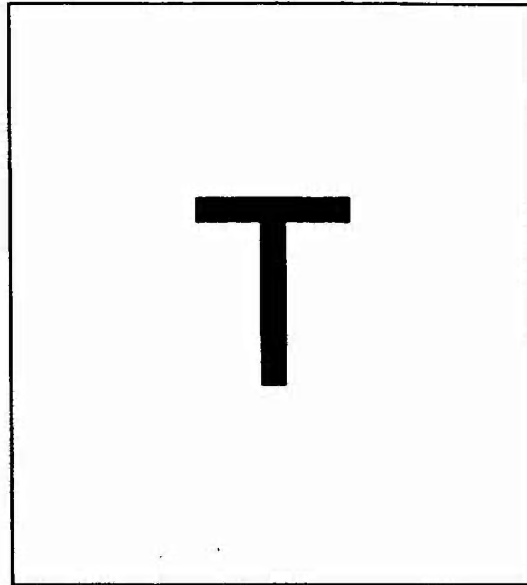
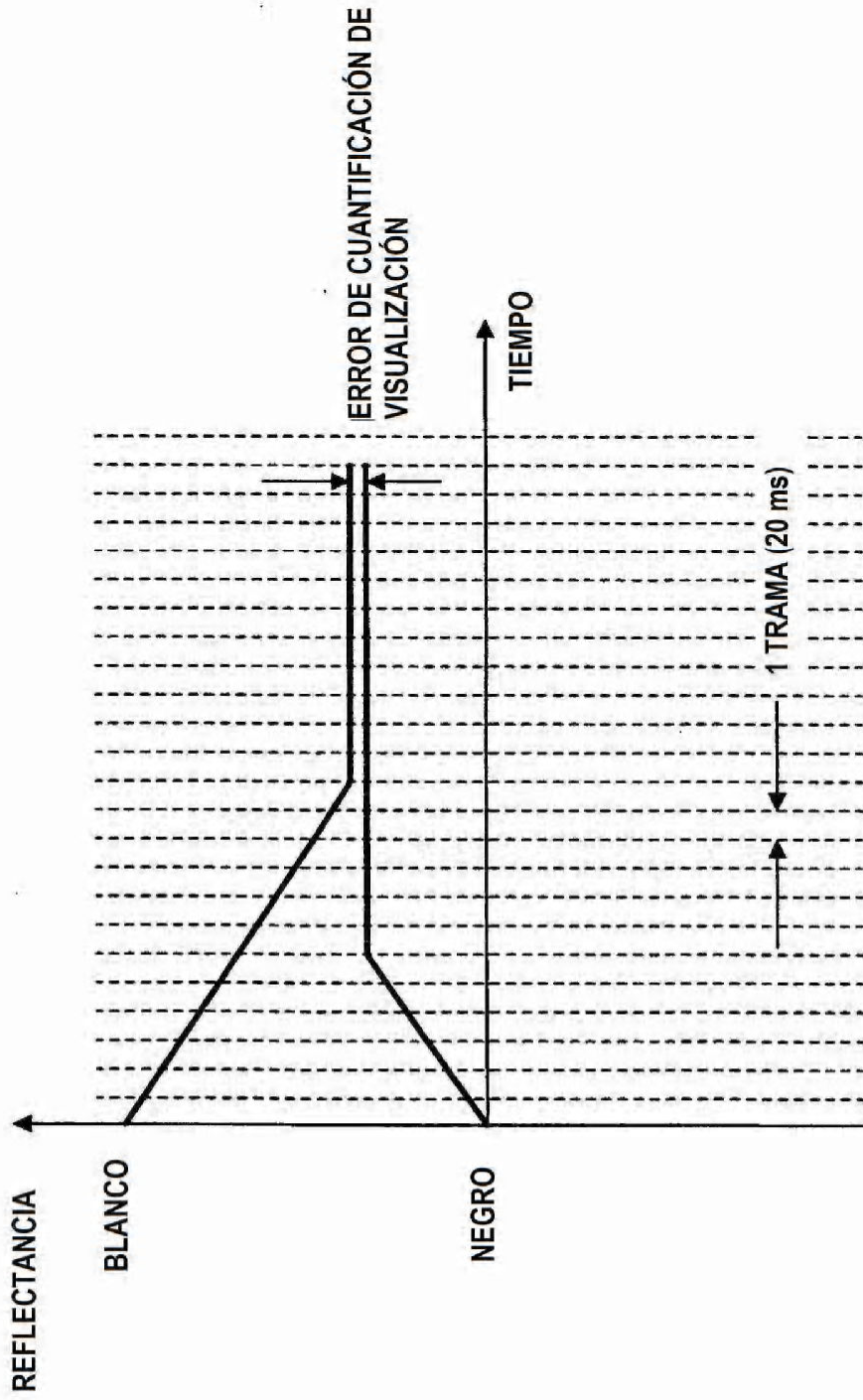
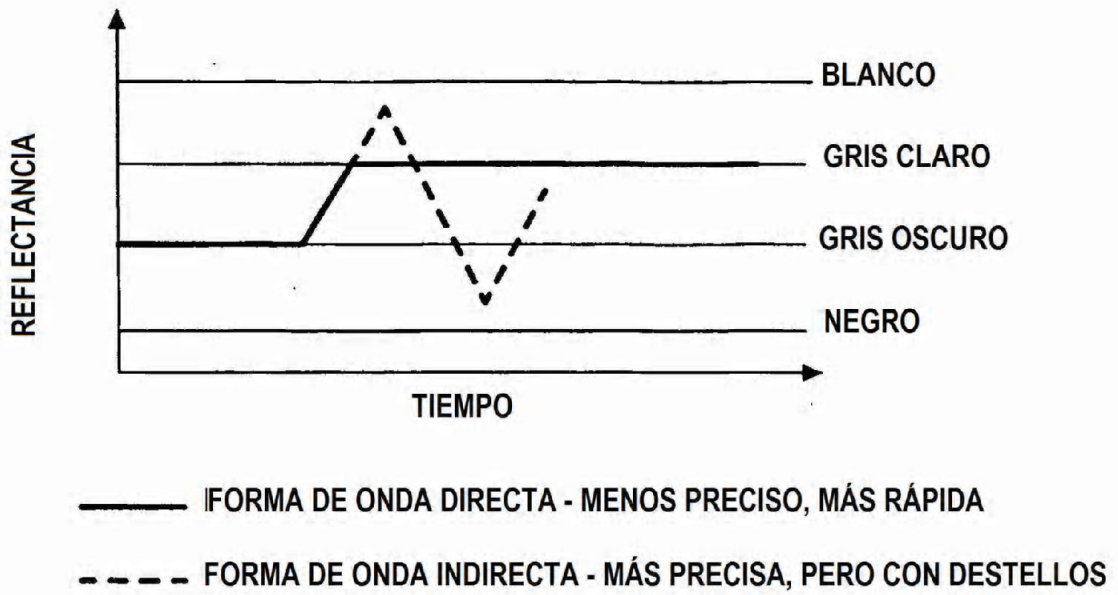


FIG.2



3/10

FIG.3



4/10

## FIG.4A

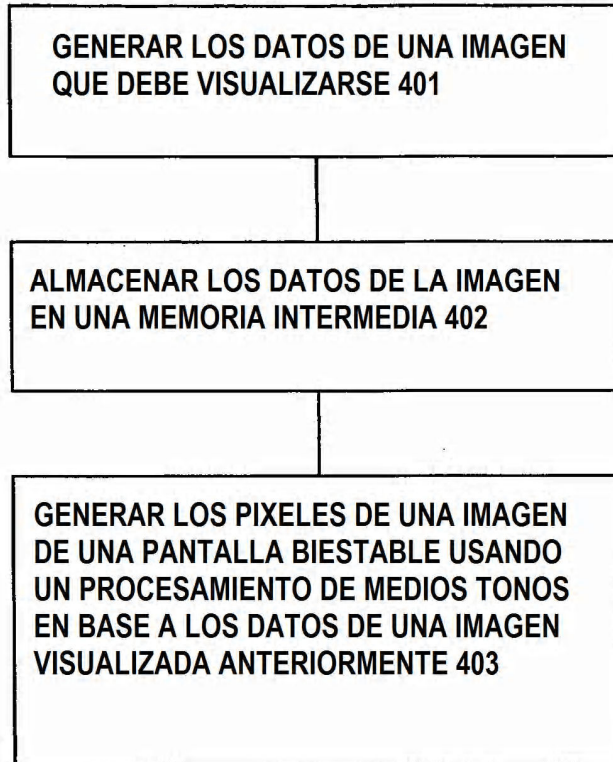


FIG.4B

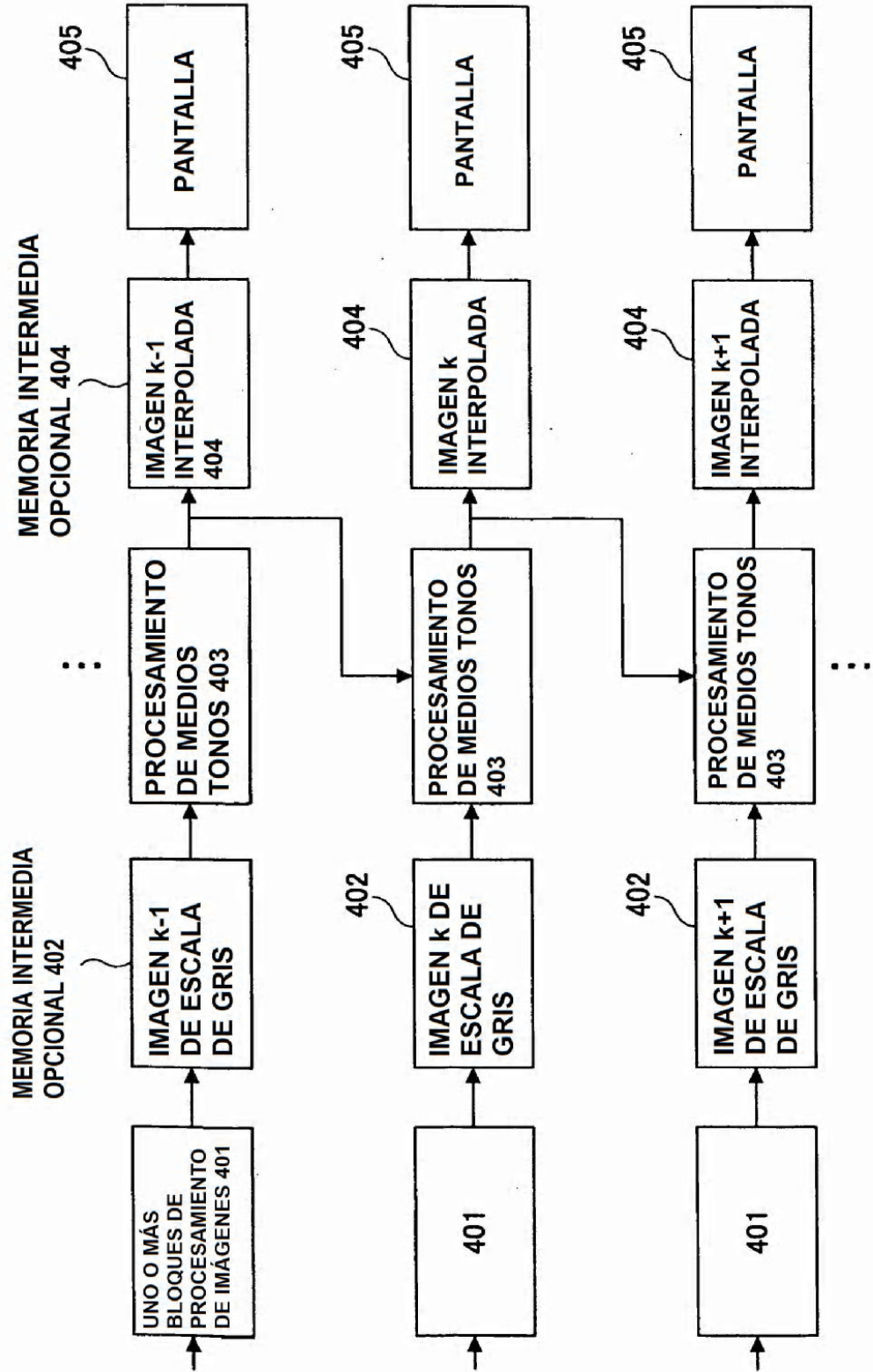


FIG.5

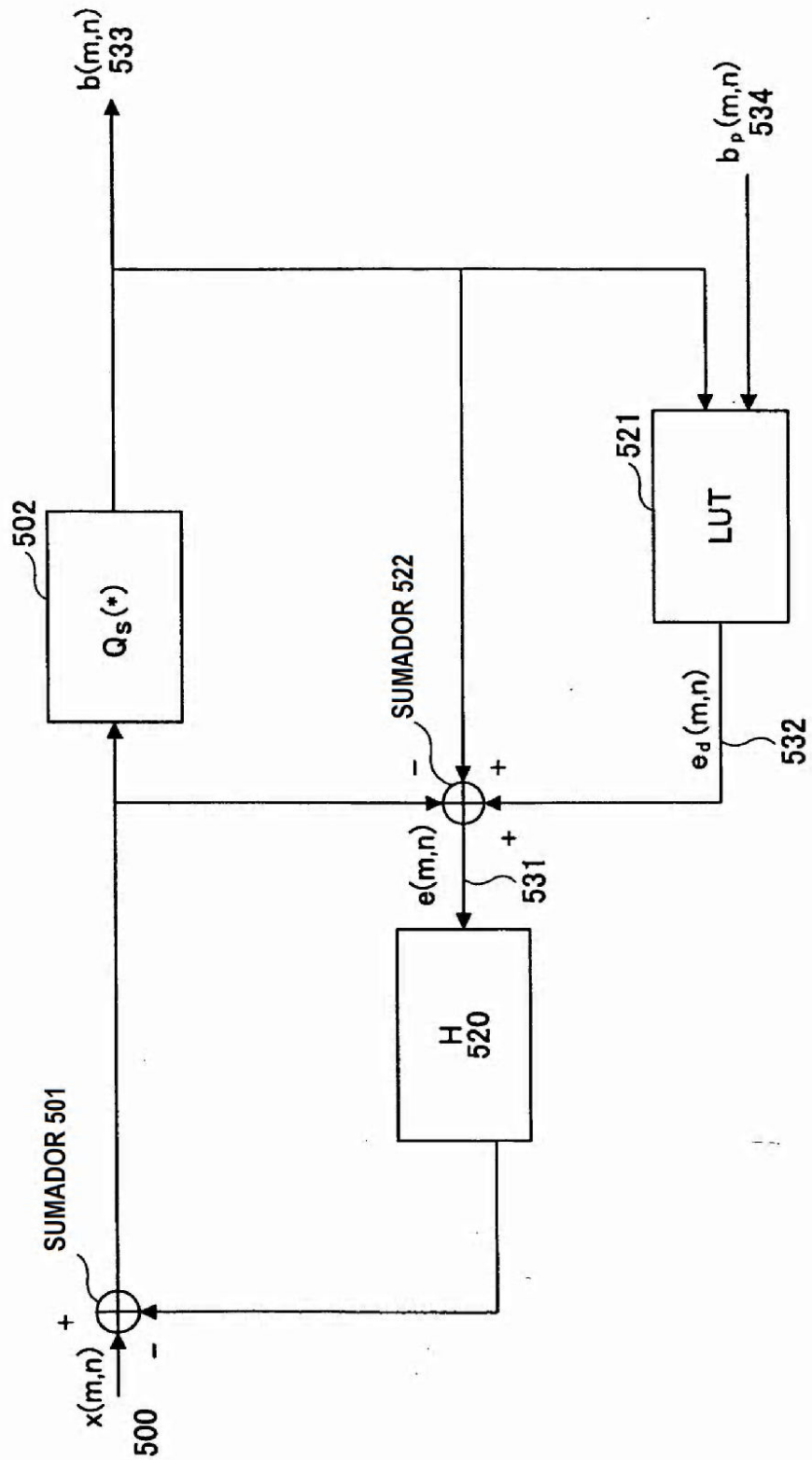




FIG.6

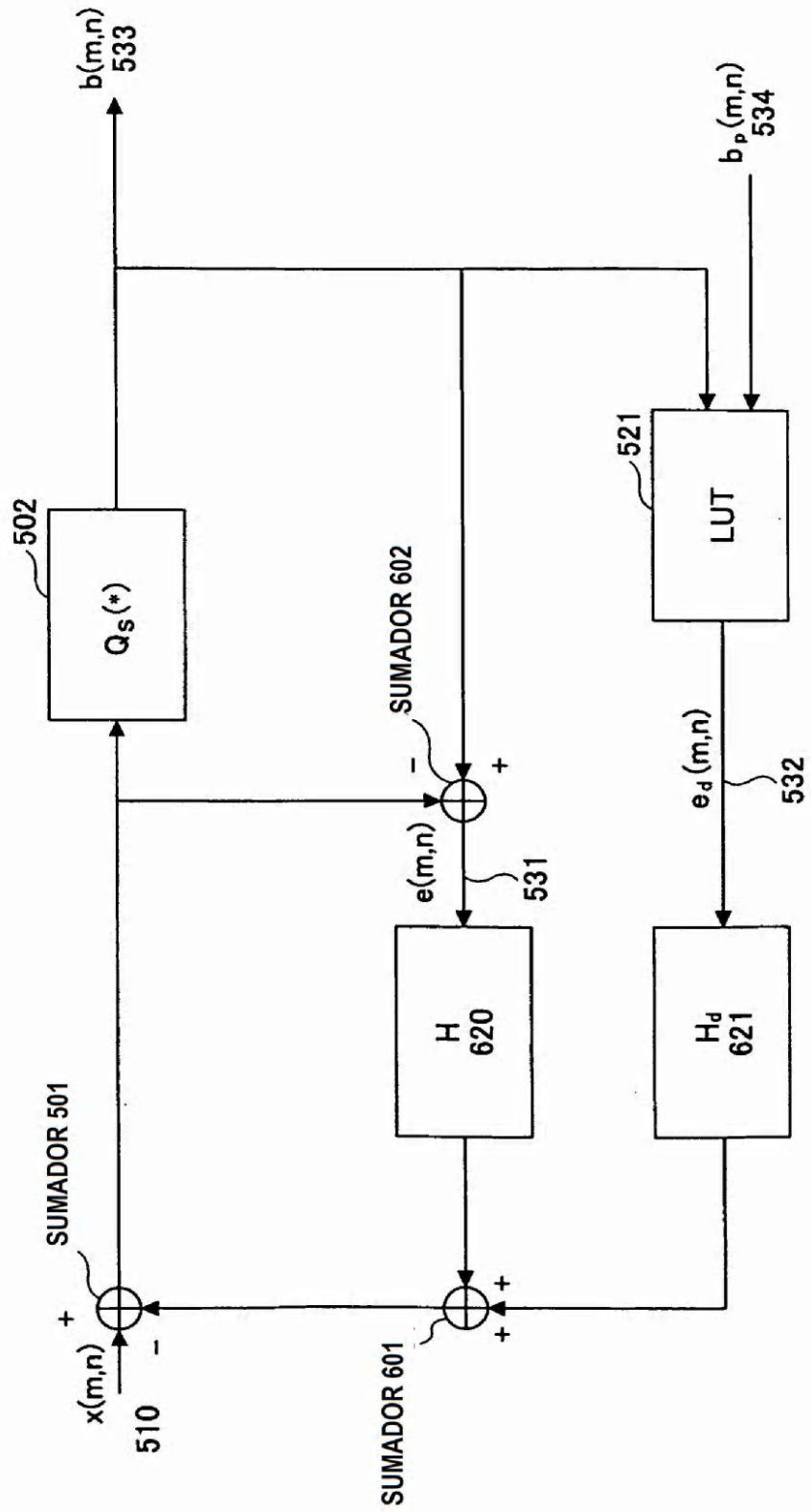


FIG.7

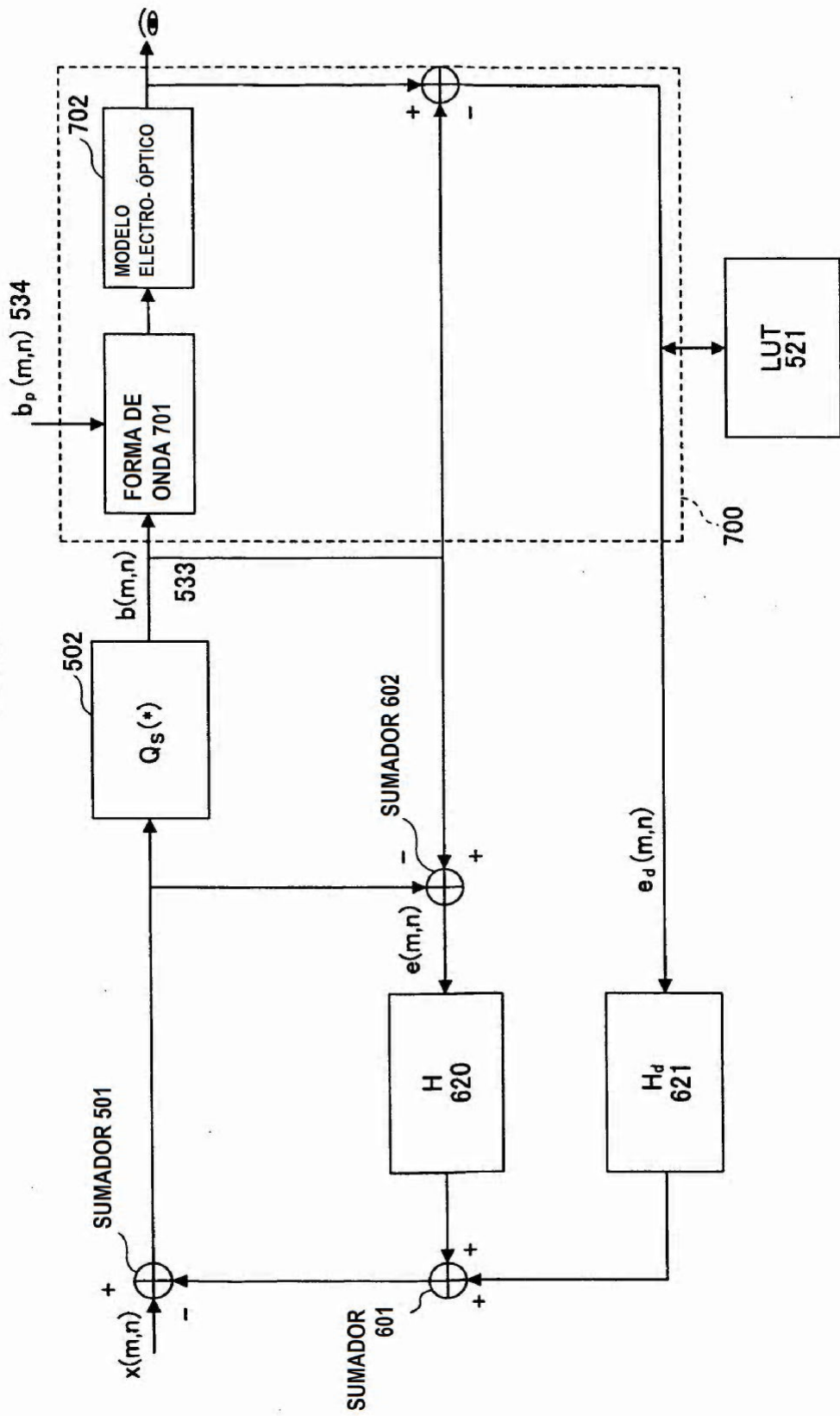


FIG.8

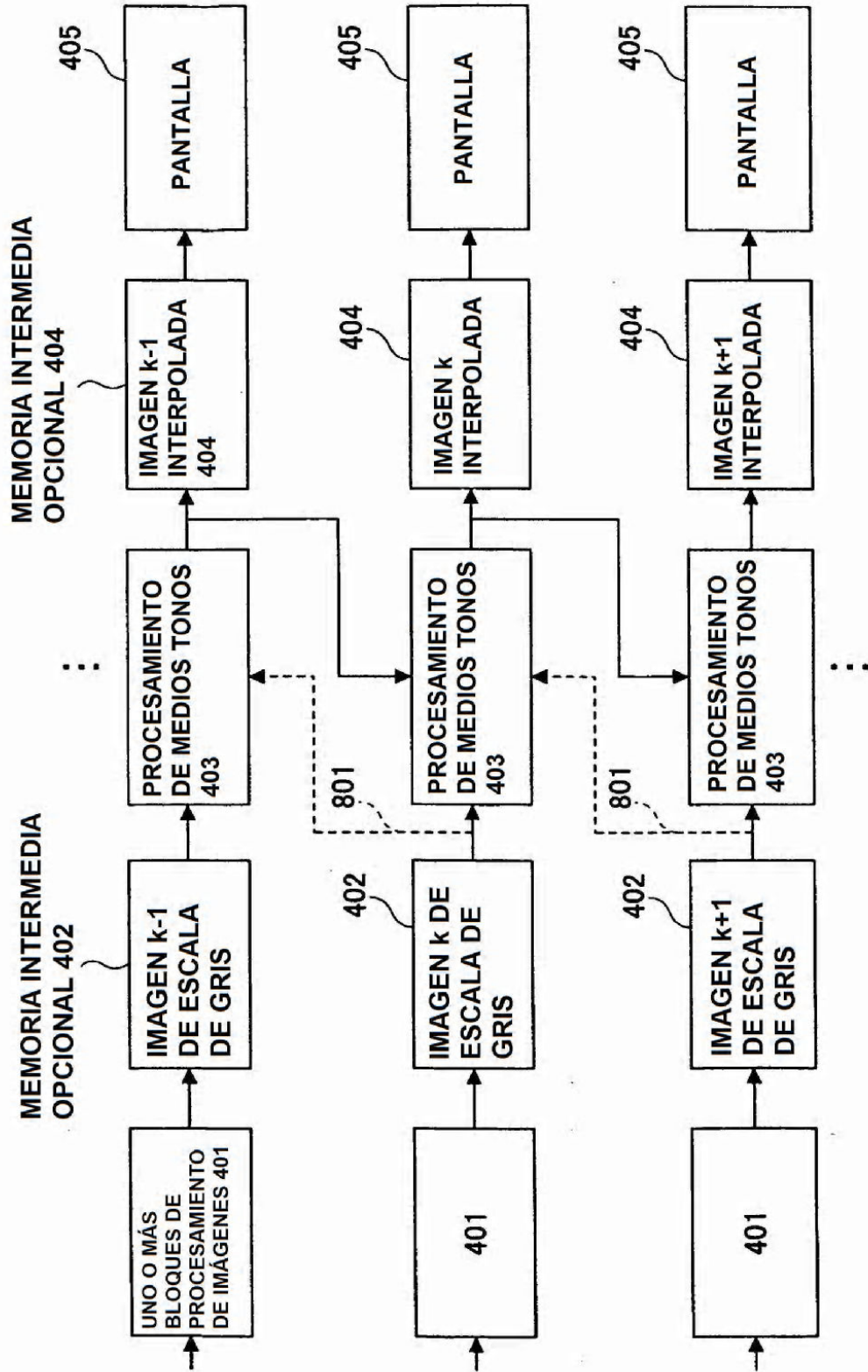


FIG.9

900

