

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 109**

51 Int. Cl.:

H04N 19/33 (2014.01)

H04N 19/46 (2014.01)

H04N 19/59 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2003 E 17156752 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 3203741**

54 Título: **Codificación de vídeo**

30 Prioridad:

30.01.2003 EP 03100188

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

12.06.2018

73 Titular/es:

KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)

**High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

BRULS, WILHELMUS HENDRIKUS ALFONSUS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 672 109 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Codificación de vídeo

5 Campo de la invención

La invención se relaciona con la codificación de vídeo, y más particularmente con esquemas de compresión de vídeo escalables espacialmente.

10 Antecedentes de la invención

Debido a las cantidades masivas de datos inherentes al vídeo digital, la transmisión de señales de vídeo digital de alta definición y movimiento completo es un problema significativo en el desarrollo de la televisión de alta definición. Más particularmente, cada cuadro de imagen digital es una imagen estática formada a partir de un conjunto de píxeles de acuerdo con la resolución de visualización de un sistema particular. Como resultado, las cantidades de información digital bruta incluida en las secuencias de vídeo de alta resolución son masivas. Con el fin de reducir la cantidad de datos que se deben enviar, se utilizan esquemas de compresión comprimir los datos. Se han establecido diversos estándares o procesos de compresión de vídeo, que incluyen MPEG-2, MPEG-4 y H.264.

20 Diversas aplicaciones se habilitan cuando el vídeo está disponible con diversas resoluciones y/o cualidades en una secuencia. Los métodos para lograr esto se conocen como técnicas de escalabilidad. Hay tres ejes en los cuales se puede implementar la escalabilidad. El primero es la escalabilidad en el eje del tiempo, a menudo denominado escalabilidad temporal. Segundo, hay escalabilidad en el eje de calidad, a menudo denominado escalabilidad de señal a ruido o escalabilidad de grano fino. El tercer eje es el eje de resolución (número de píxeles en la imagen) a menudo denominado escalabilidad espacial o codificación en capas. En la codificación en capas, el flujo de bits se divide en dos o más flujos de bits o capas. Cada capa se puede combinar para formar una sola señal de alta calidad. Por ejemplo, la capa base puede proporcionar una señal de vídeo de menor calidad, a la vez que la capa de mejoramiento proporciona información adicional que puede mejorar la imagen de la capa base.

30 En particular, la escalabilidad espacial puede proporcionar compatibilidad entre diferentes estándares de vídeo o capacidades de decodificador. Con la escalabilidad espacial, el vídeo de la capa base puede tener una resolución menor que la secuencia de vídeo de entrada, en cuyo caso la capa de mejoramiento transporta información la cual puede restaurar la resolución de la capa base al nivel de secuencia de entrada. El documento de la técnica anterior de los Estados Unidos 5822458 divulga un método para optimizar la codificación de imágenes transmitidas al comparar las imágenes originales y distorsionadas para permitir que el codificador transmita información que especifica las regiones en donde el mejoramiento fue exitoso. La Figura 1 ilustra un codificador 100 de vídeo en capas conocido. El sistema 100 de codificación representado realiza la compresión de capa, por lo que una porción del canal se usa para proporcionar una capa base de baja resolución y la porción restante se usa para transmitir información de mejoramiento de borde, por lo que las señales se pueden recombinar para llevar el sistema a alta resolución. La entrada de vídeo de alta resolución Hi-RES está dividida por el divisor 102, por lo que los datos se envían a un filtro 104 de paso bajo y un circuito 106 de sustracción. El filtro 104 de paso bajo reduce la resolución de los datos de vídeo, los cuales luego se alimentan a un codificador 108 base. En general, los filtros de paso bajo y los codificadores son bien conocidos en la técnica y no se describen en detalle aquí con fines de simplicidad. El codificador 108 produce un flujo base de menor resolución que se proporciona a un segundo divisor 110 a partir de donde sale del sistema 100. El flujo base puede transmitirse, recibirse y a través de un decodificador, mostrarse como está, aunque el flujo base no proporciona una resolución la cual se consideraría de alta definición.

50 La otra salida del divisor 110 se alimenta a un decodificador 112 dentro del sistema 100. A partir de allí, la señal decodificada se alimenta a un circuito 114 de interpolación y ampliación. En general, el circuito 114 de interpolación y ampliación reconstruye la resolución filtrada de la transmisión de vídeo decodificada y proporciona una secuencia de datos de vídeo que tiene la misma resolución que la entrada de alta resolución. Sin embargo, debido al filtrado y las pérdidas resultantes de la codificación y decodificación, ciertos errores están presentes en la secuencia reconstruida. Estos errores se determinan en el circuito 106 de sustracción restando el flujo de alta resolución reconstruido del flujo de alta resolución original no modificado. La salida del circuito 106 de sustracción se alimenta a un codificador 116 de mejoramiento que produce un flujo de mejoramiento de calidad razonable.

60 La desventaja de filtrar y reducir el tamaño del vídeo de entrada a una resolución más baja y luego comprimirlo es que el vídeo pierde nitidez. Esto se puede compensar hasta cierto punto utilizando el mejoramiento de la nitidez después del decodificador. Las técnicas de mejoramiento de imagen normalmente se controlan analizando la señal de salida de mejoramiento. Si la señal de resolución completa original se utiliza como referencia, se puede mejorar el control de mejoramiento. Sin embargo, normalmente dicha referencia no está presente, por ejemplo, en televisores. Sin embargo, en alguna aplicación, por ejemplo, compresión escalable espacial, dicha señal de referencia está presente. El problema, sin embargo, se convierte en cómo hacer uso de esta referencia. Una posibilidad es mirar la diferencia de píxeles de la referencia y la señal de salida mejorada. El control se puede lograr minimizando la diferencia de energía. Sin embargo, este método no toma realmente en cuenta cómo el ojo humano percibe una imagen así de nítida. Se conoce que los parámetros del contenido de una imagen pueden extraerse, lo

que toma en cuenta cómo el ojo humano percibe una imagen como nítida. Aquí el algoritmo de control intenta maximizar estos valores, con el peligro de exagerar, lo que resulta en imágenes nítidas, pero no del todo naturales. El problema es cómo usar estos parámetros de contenido de imagen extraídos cuando también hay una imagen de referencia disponible para controlar el mejoramiento de la imagen.

5

Resumen de la invención

La invención supera las deficiencias de otros esquemas de compresión de capa conocidos utilizando parámetros de contenido de imagen tanto para la señal de salida mejorada como para la señal de referencia. Un algoritmo de control controla el mejoramiento del flujo base de tal manera que la diferencia entre los parámetros del contenido de la imagen de la señal de salida mejorada y la señal de referencia llega a ser tan baja como sea posible. Esto impide que el mejoramiento sea exagerado y produce imágenes nítidas naturales.

10

De acuerdo con una realización de la invención, se divulga un método y aparato para codificar un flujo de bits de video de entrada para producir un flujo de bits de salida codificado. Un flujo base se mejora con base en los parámetros de control de mejoramiento. Al menos un parámetro de contenido de imagen se extrae de la secuencia base mejorada. Al menos un parámetro de contenido de imagen se extrae del flujo de bits de video de entrada. Los parámetros de contenido de imagen mejorada se comparan con los parámetros de contenido de imagen de entrada. Se recibe una salida de la etapa de comparación y los parámetros de control de mejoramiento se calculan para minimizar la diferencia entre los parámetros de contenido de imagen de entrada y los parámetros de contenido de imagen mejorada. Los parámetros de control calculados se incorporan en el flujo de bits de salida codificado.

15

20

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a continuación.

25

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

30

La Figura 1 es un diagrama de bloques que representa un codificador de video estratificado conocido;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un codificador/decodificador de video estratificado de acuerdo con una realización de la invención;

35

Figuras 3a-3b ilustran curvas de nivel de energía del coeficiente DCT de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 4 es un diagrama de bloques de un decodificador de acuerdo con una realización de la invención;

40

La Figura 5 es un diagrama de bloques de un decodificador de acuerdo con otra realización de la invención; y

La Figura 6 es un diagrama de bloques de un decodificador de acuerdo con otra realización de la invención.

45

Descripción detallada de las realizaciones

De acuerdo con una realización de la invención, se describe un esquema de compresión escalable espacial que usa técnicas de mejoramiento de la nitidez espacial. En esta realización de la invención, la información del contenido de la imagen se extrae tanto de la señal de referencia como de la señal de salida mejorada como se describirá a continuación.

50

Esta realización se describirá ahora con más detalle con referencia a la Figura 2, la cual es un diagrama de bloques de un codificador que se puede usar con la invención. Se entenderá que el codificador puede ser un codificador en capas con una capa base que tiene una resolución relativamente baja y al menos una capa de mejoramiento, pero la invención no está limitada a esto. El sistema 200 de codificación representado logra la compresión de capa, por lo que una porción del canal se utiliza para proporcionar una capa base de baja resolución y la porción restante se usa para transmitir información de mejoramiento de borde, por lo que las dos señales pueden recombinarse para llevar el sistema a un nivel alto resolución. La entrada 201 de video de alta resolución se divide por un divisor 210, por lo que los datos se envían a un filtro 212 de paso bajo, por ejemplo un filtro nyquist, y un divisor 232. El filtro 210 de paso bajo reduce la resolución de los datos de video, los cuales luego se alimentan a un codificador 214 base. En general, los filtros de paso bajo y los codificadores son bien conocidos en la técnica y no se describen en detalle aquí con fines de simplicidad. El codificador 214 base produce un flujo 215 base de menor resolución. El flujo base puede transmitirse, recibirse y a través de un decodificador, mostrarse como está, aunque el flujo base no proporciona una resolución que se consideraría de alta definición.

55

60

65

El codificador también emite un flujo base decodificado a un divisor 213 el cual divide el flujo base decodificado y lo suministra a un circuito 216 de ampliación y a una unidad 220 de mejoramiento. Además, se puede insertar un

5 decodificador (no se ilustra) en el circuito después del codificador 214 para decodificar la salida del codificador antes de ser enviado al circuito 216 de ampliación. En general, el circuito 216 de ampliación reconstruye la resolución filtrada del flujo de video decodificado y proporciona un flujo de datos de video que tiene la misma resolución que la entrada de alta resolución. El flujo de bits v1 ampliado del circuito 216 de ampliación se introduce en un circuito 234 de sustracción.

10 La unidad 220 de mejoramiento procesa la señal 215 de salida y mejora la señal de acuerdo con el algoritmo o algoritmos de mejoramiento en la unidad 220 de mejoramiento y los parámetros de control de mejoramiento ("enh ctrl par") producidos por una unidad 231 de control. Existen diversas técnicas de mejoramiento de video y todas ellas modifican el contenido de la imagen de modo que se mejora la apreciación de la imagen resultante. La característica subjetiva de estas mejoras complica el proceso de optimización y es probablemente la razón de la diversidad en los algoritmos de mejoramiento de video. Diversos algoritmos de mejoramiento contribuyen de alguna manera a la calidad de la imagen. Los algoritmos de reducción de ruido y nitidez son solo algunos ejemplos de un gran conjunto de algoritmos de mejoramiento. Se entenderá que cualquiera de estos algoritmos de mejoramiento conocidos se puede usar en la invención.

20 La señal 221 de salida mejorada se proporciona a una unidad 222 de parámetro de contenido de imagen. La unidad 222 de parámetro de contenido de imagen extrae una pluralidad de parámetros de contenido de imagen de la señal 221 de salida mejorada. En este ejemplo ilustrativo se extraen tres parámetros de contenido de imagen de la señal 221 de salida mejorada, pero la invención no está limitada a esto.

25 La señal 201 de referencia se proporciona a una unidad 224 de parámetro de contenido de imagen. La unidad 224 de parámetro de contenido de imagen extrae la misma pluralidad de parámetros de contenido de imagen de la señal 201 de referencia a medida que la unidad 222 de parámetro de contenido de imagen extrae de la señal 221 de salida mejorada. Los parámetros del contenido de imagen pueden basarse globalmente en el cuadro, pero también pueden basarse en un grupo de píxeles, por ejemplo, 16*16 píxeles. Los ejemplos de parámetros de contenido de imagen extraídos de una imagen o grupo de píxeles comprenden, pero no se limitan a los mismos: diferencia entre el valor máximo y mínimo de un grupo de píxeles; valor de inclinación del borde en el centro de los bordes, niveles de energía de frecuencia elevada de coeficiente DCT, etcétera. La Figura 3a ilustra una curva de nivel de energía del coeficiente DCT de la señal 201 de referencia, y la Figura 3b ilustra una curva de nivel de energía del coeficiente DCT de la señal 221 de salida mejorada.

35 Los parámetros de contenido de imagen extraídos de la unidad 224 de parámetro de contenido de imagen de referencia y la unidad 222 de parámetro de contenido de imagen mejorada se suministran a una unidad de comparación que comprende, por ejemplo, al menos una unidad 226 de sustracción y unidades 228 de multiplicación. Se entenderá por los expertos en la técnica que la unidad de comparación también puede estar compuesta de otros elementos. Las unidades 226 de sustracción restan los parámetros de contenido de imagen mejorada de los parámetros de contenido de imagen de referencia. La salida de cada unidad 226 de sustracción se puede suministrar opcionalmente a unidades 228 de multiplicación las cuales multiplican las salidas por factores predeterminados (C1, C2, C3). Las salidas de la unidad de multiplicación se suman juntas en una unidad 230 sumadora y se suministran a la unidad 231 de control. La unidad 231 de control procesa la información recibida de la unidad 230 de adición y produce nuevos parámetros de control de mejoramiento. De acuerdo con una realización de la invención, la unidad 231 de control controla la unidad 220 de mejoramiento a través de los parámetros de control de mejoramiento de modo que la diferencia entre los parámetros de contenido de imagen de la señal de referencia y la señal de salida mejorada llega a ser tan baja como sea posible. Esto también impide que el mejoramiento sea exagerado, lo que normalmente produce imágenes nítidas pero no del todo naturales.

50 La salida de ampliación del circuito 216 de ampliación se resta de la entrada 201 original en un circuito 234 de sustracción para producir un flujo de bits residual que se aplica a un conmutador 236. El conmutador es controlado por la salida (S) de la unidad 231 de control. Comparando el flujo 201 de bits de video de entrada con el flujo de video de base mejorado, la unidad 231 de control puede determinar qué píxeles o grupos de píxeles (bloques) necesitan mejorarse adicionalmente mediante la capa 208 de mejoramiento. Para los píxeles o grupos de píxeles (bloques) que se determina que necesitan mejoramiento por la unidad 231 de control, la unidad 231 de control emite la señal de (S) control para cerrar el conmutador 236 para permitir que esas partes del flujo de bits residual pasen al codificador 240 de capa de mejoramiento. La unidad 231 de control también envía los parámetros de control de mejoramiento seleccionados y la señal de control para el conmutador 236 al codificador 240 de modo que esta información se incorpora (multiplexa) con el flujo de bits residual resultante en la corriente 241 de mejoramiento.

60 La Figura 4 ilustra un decodificador 400 que puede usarse para decodificar la base y las secuencias de mejoramiento a partir del codificador 200 de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, la corriente 215 base es decodificada por un decodificador 402 base y la corriente 241 de mejoramiento es decodificada por un decodificador 404 de mejoramiento. El flujo base decodificado es suministrado a un conversor 406 elevador y una unidad 408 de mejoramiento. Se suministra el flujo de mejoramiento de decodificación a una unidad 410 de adición. La unidad de adición 410 agrega el flujo de mejoramiento decodificado al flujo base conversor elevado a partir del conversor 406 elevador y proporciona la corriente combinada a un lado de un conmutador 414.

El codificador de mejoramiento también elimina la señal S y los parámetros de control de mejoramiento del flujo de mejoramiento a través de un multiplexor (no se ilustra) y proporciona la señal S y los parámetros de control de mejoramiento a una unidad 412 de control de mejoramiento. La unidad 412 de control de mejoramiento proporciona la señal S al conmutador 414 y los parámetros de control de mejoramiento a la unidad 408 de mejoramiento. La unidad 408 de mejoramiento, mejora el flujo base decodificado de acuerdo con los algoritmos de mejoramiento en la unidad 408 de mejoramiento y los parámetros de control de mejoramiento que se proporcionan por la unidad 412 de control de mejoramiento. El flujo base mejorado se proporciona luego al otro lado del conmutador 414. Dependiendo de la posición del conmutador como se determina por la señal S, el decodificador 400 emite la corriente combinada a partir de la unidad 410 de adición o la corriente de base mejorada.

De acuerdo con otra realización de la invención, la salida del decodificador 400 puede ser una combinación de la corriente combinada de la unidad 410 de adición y el flujo base mejorado de la unidad 408 de mejoramiento. Como se ilustra en la Figura 5, la señal se proporciona a un par de unidades 502 y 504 de multiplicación, donde S es un valor entre 0 y 1. En este ejemplo ilustrativo, la unidad 502 de multiplicación multiplica la corriente de combinación de la unidad 410 de adición por el valor de (1-S). La unidad 504 de multiplicación multiplica el flujo base mejorado por el valor S. Las salidas de las dos unidades de multiplicación se combinan en la unidad 506 de adición para formar la salida del decodificador.

En otra realización de la invención, la salida de la sección del codificador de mejoramiento del codificador 200 puede silenciarse mediante la unidad 231 de control o algún otro dispositivo. Como resultado, no hay flujo de mejoramiento emitido a partir del codificador 200. En este ejemplo ilustrativo, los parámetros de control de mejoramiento se crean como se describió anteriormente, pero se proporcionan al codificador 214 base a través de la línea 251 discontinua en la Figura 2. Los parámetros de control de mejoramiento se incorporan luego en el flujo 215 base codificado a través de un multiplexor en el codificador base.

El flujo 215 base codificado con los parámetros de control de mejoramiento incorporados puede decodificarse a continuación mediante el decodificador 600 que se ilustra en la Figura 6. El flujo base codificado se decodifica en el decodificador 602 base y el flujo base decodificado se proporciona a una unidad 604 de mejoramiento. El decodificador 602 base también separa los parámetros de control de mejoramiento del flujo 215 base codificado y los suministra a una unidad 606 de control de mejoramiento. El flujo base decodificado se mejora mediante la unidad 604 de mejoramiento de acuerdo con los algoritmos de mejoramiento en la unidad 604 de mejoramiento y los parámetros de control de mejoramiento de la unidad 606 de control de mejoramiento. El flujo base decodificado mejorado se envía a continuación a partir del decodificador 600.

Las realizaciones de la invención descritas anteriormente optimizan la nitidez o calidad de la imagen usando una unidad de control para controlar los parámetros de control de mejoramiento de tal manera que la diferencia entre los parámetros de contenido de imagen de una señal de referencia y una señal mejorada se vuelve tan baja como sea posible.

Debe observarse que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran, en lugar de limitar, la invención, y que los expertos en la técnica podrán diseñar diversas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquiera de signos de referencia colocados entre paréntesis no se interpretará como que limitan la reivindicación. La palabra "que comprende" no excluye la presencia de otros elementos o etapas que las enumeradas en una reivindicación. La invención puede implementarse mediante hardware que comprende diversos elementos distintos, y a través de un ordenador programado de manera adecuada. En una reivindicación del dispositivo que enumera diversos medios, diversos de estos medios pueden ser incorporados por uno y el mismo elemento de hardware. El mero hecho de que se enumeren ciertas medidas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar con ventaja.

REIVINDICACIONES

1. Un decodificador para decodificar un flujo de bits codificado de entrada con parámetros de control de mejoramiento incorporados, codificados con un codificador para codificar un flujo de bits de video para producir el flujo de bits codificado,
- comprendiendo el decodificador:
- un decodificador (602) para decodificar la señal de entrada y separar los parámetros de control de mejoramiento de la señal decodificada;
 - una unidad (604, 606) de mejoramiento para mejorar la señal decodificada con base en dichos parámetros de control de mejoramiento,
- y el codificador comprende:
- un codificador (214) base para codificar el flujo de bits de video de entrada en un flujo base codificado, y para proporcionar un flujo base decodificado;
 - una unidad (220) de mejoramiento para mejorar el flujo base decodificado con base en los parámetros de control de mejoramiento;
 - una primera unidad (222) de parámetro de contenido de imagen para extraer un valor de parámetro de contenido de imagen mejorado o valores para al menos un parámetro de contenido de imagen a partir del flujo base mejorado;
 - una segunda unidad (224) de parámetro de contenido de imagen para extraer un valor o valores de parámetro de contenido de imagen de entrada para dicho al menos un parámetro de contenido de imagen del flujo de bits de video de entrada;
 - medios (226, 228) de comparación para comparar los parámetros de contenido de imagen mejorada con los parámetros de contenido de imagen de entrada;
- caracterizado porque el codificador comprende además:
- una unidad (231) de control para recibir una salida del medio de comparación y para calcular, a partir de un resultado de dicha comparación, dichos parámetros de control de mejoramiento que minimizarán la diferencia entre el valor o valores del parámetro de contenido de imagen de entrada y el valor o valores del parámetro de contenido de imagen mejorada;
 - medios (214, 240) para formar el flujo de bits de salida, que incorporan el flujo base codificado y los parámetros de control de mejoramiento calculados en el flujo de bits de salida codificado
- en donde los parámetros del contenido de la imagen son del grupo que comprende la diferencia entre el valor máximo y mínimo de un grupo de píxeles, el valor de inclinación del borde en el centro de los bordes.
2. Un decodificador de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- un decodificador (402) de flujo base para decodificar un flujo base recibido del flujo de entrada;
 - una unidad (406) de conversión ascendente para aumentar la resolución de la corriente de base decodificada;
 - un decodificador (404) de flujo de mejoramiento para decodificar un flujo de mejoramiento recibido y para separar los parámetros de control de mejoramiento incorporados del flujo de mejoramiento;
 - una primera unidad (410) de adición para combinar el flujo base decodificado convertido de manera ascendente y el flujo de mejoramiento decodificado;
 - medios (408, 412) de mejoramiento para mejorar el flujo base decodificado usando dichos parámetros de control de mejoramiento; y
 - medios (414) de conmutación para seleccionar la salida de las corrientes combinadas de la unidad de adición o el flujo base mejorado.
3. Un decodificador de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- un decodificador (402) de flujo base para decodificar un flujo base recibido del flujo de entrada;

ES 2 672 109 T3

- una unidad (406) de conversión ascendente para aumentar la resolución del flujo base decodificado;
- un decodificador (404) de flujo de mejoramiento para decodificar un flujo de mejoramiento recibido y para separar los parámetros de control de mejoramiento incorporados del flujo de mejoramiento;
- 5 - una primera unidad (410) de adición para combinar el flujo base decodificado convertido de manera ascendente y el flujo de mejoramiento decodificado;
- 10 - medios (408, 412) de mejoramiento para mejorar el flujo base decodificado usando dichos parámetros de control de mejoramiento; y una primera unidad (502) de multiplicación para multiplicar la salida de la primera unidad de adición por un primer valor predeterminado;
- 15 - una segunda unidad (504) de multiplicación para multiplicar el flujo base de mejoramiento por un segundo valor predeterminado; y
- un segundo medio (506) de adición para agregar salidas de la primera y segunda unidades de multiplicación para formar un flujo de salida.

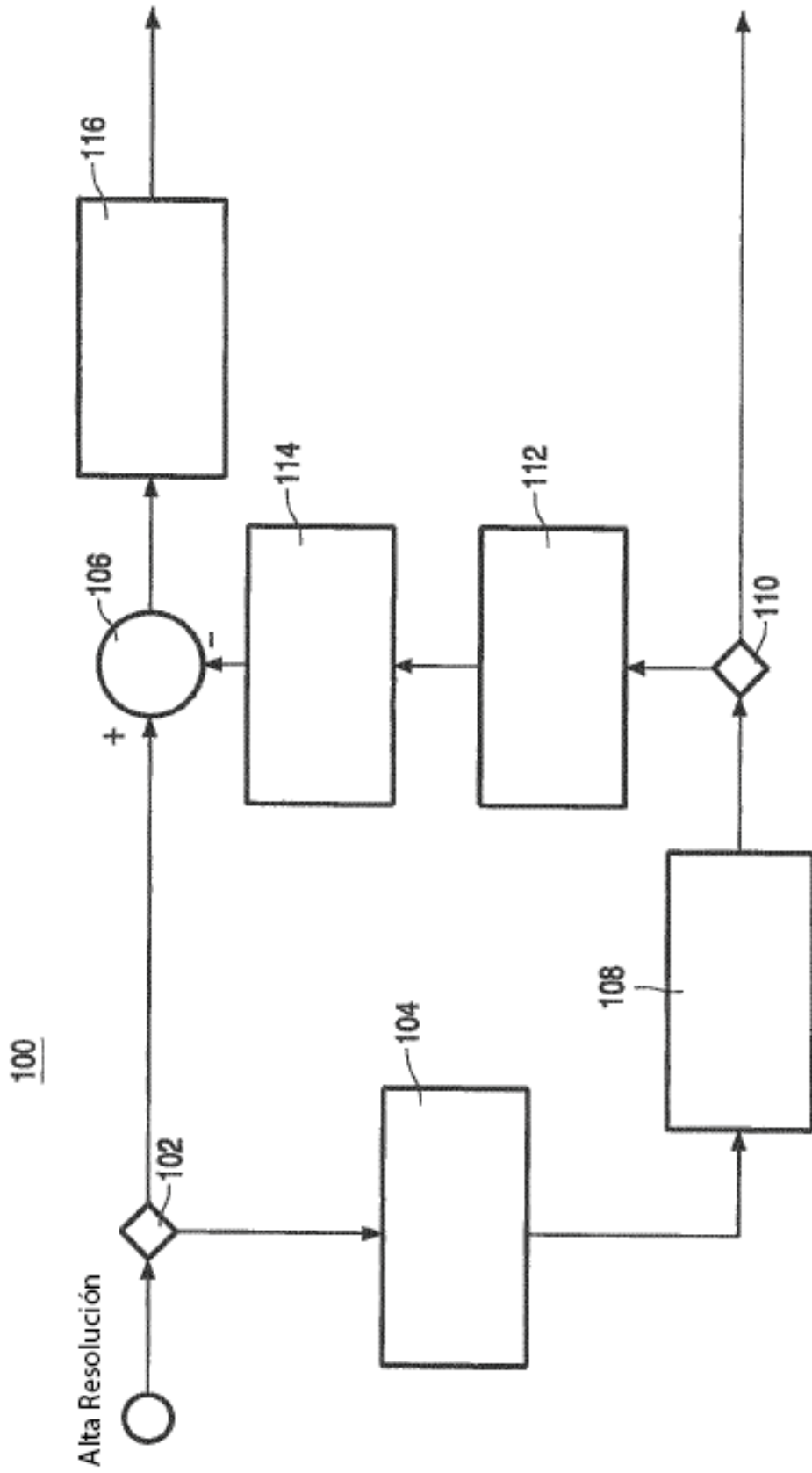


FIG. 1

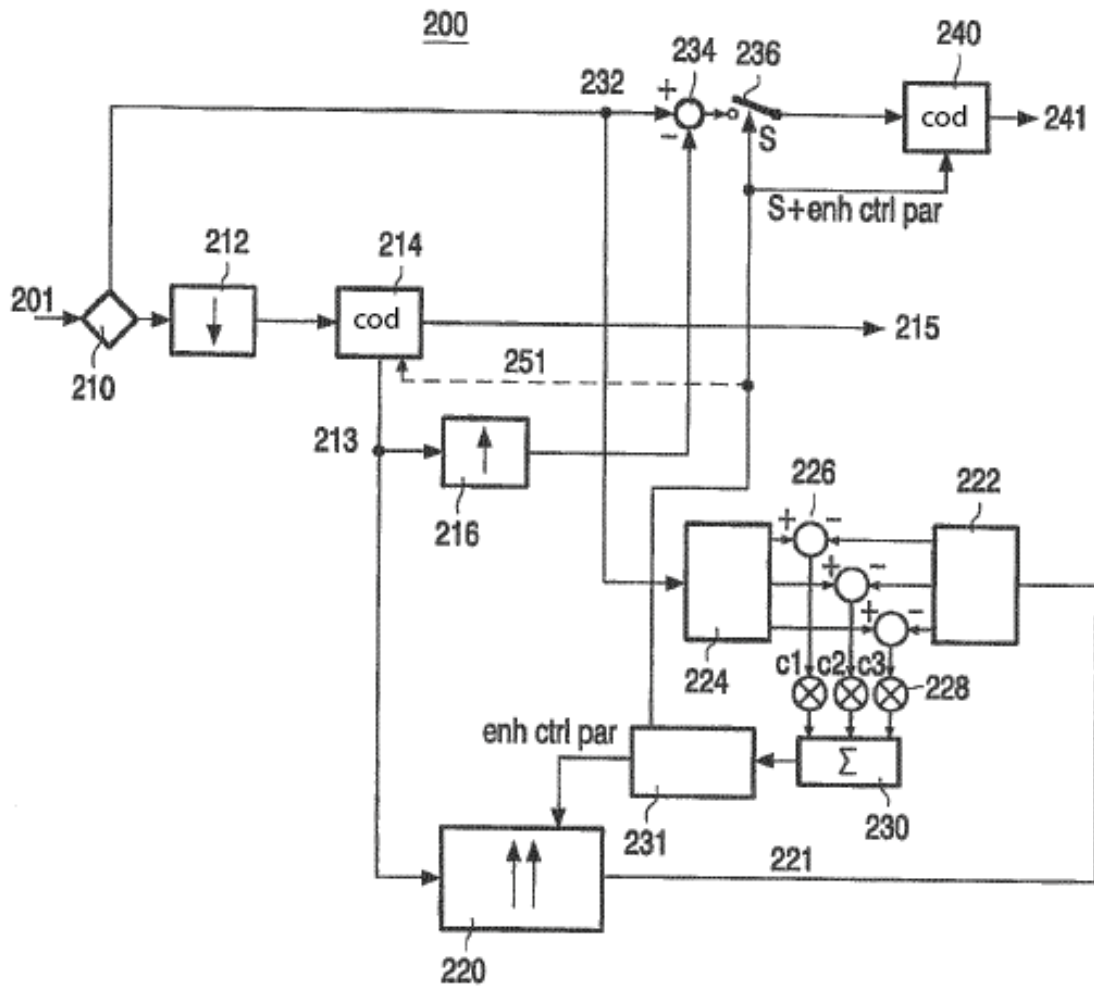
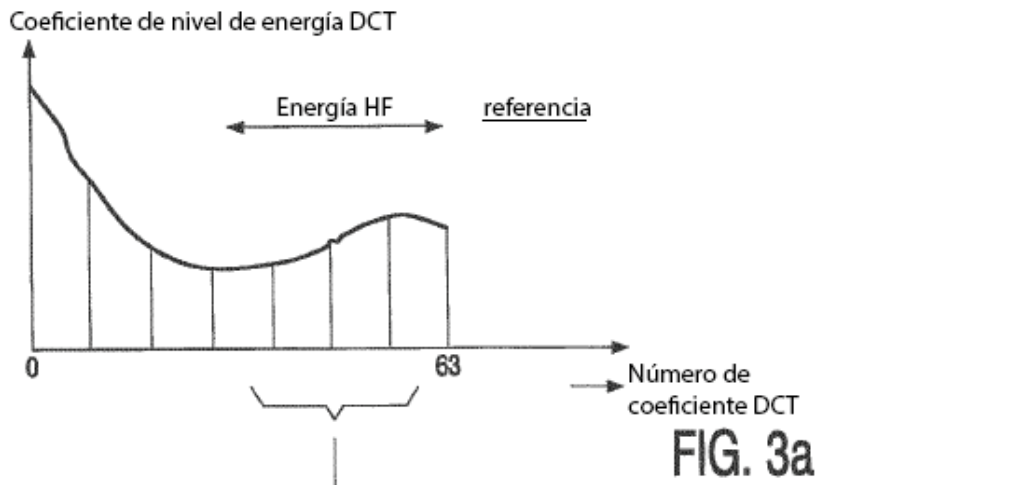
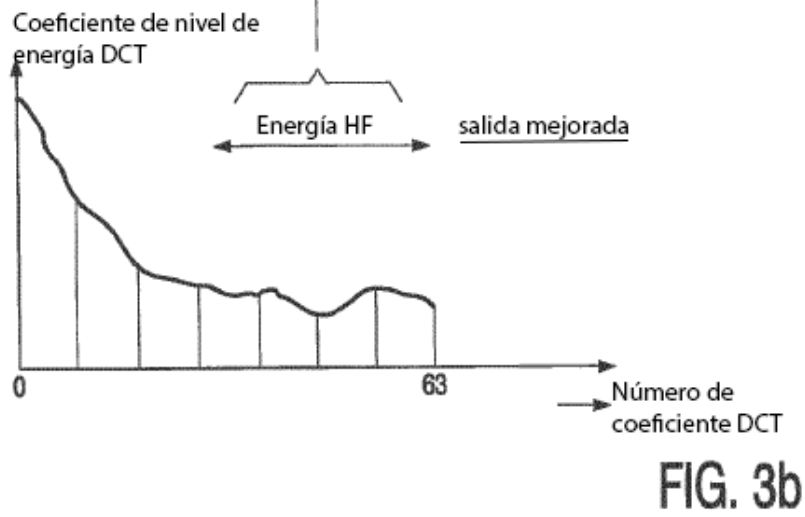


FIG. 2



Valor de diferencia de energía HF



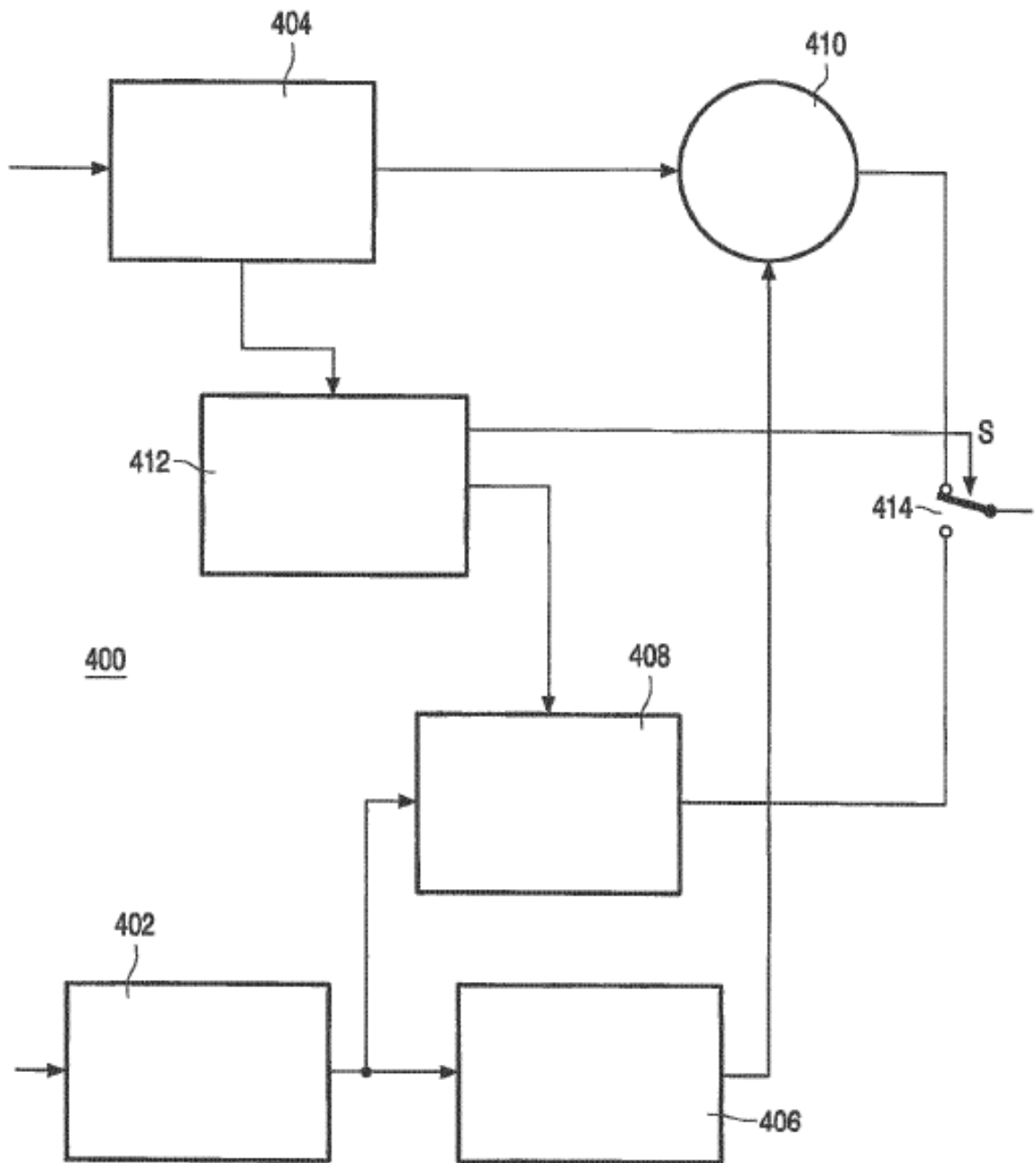


FIG. 4

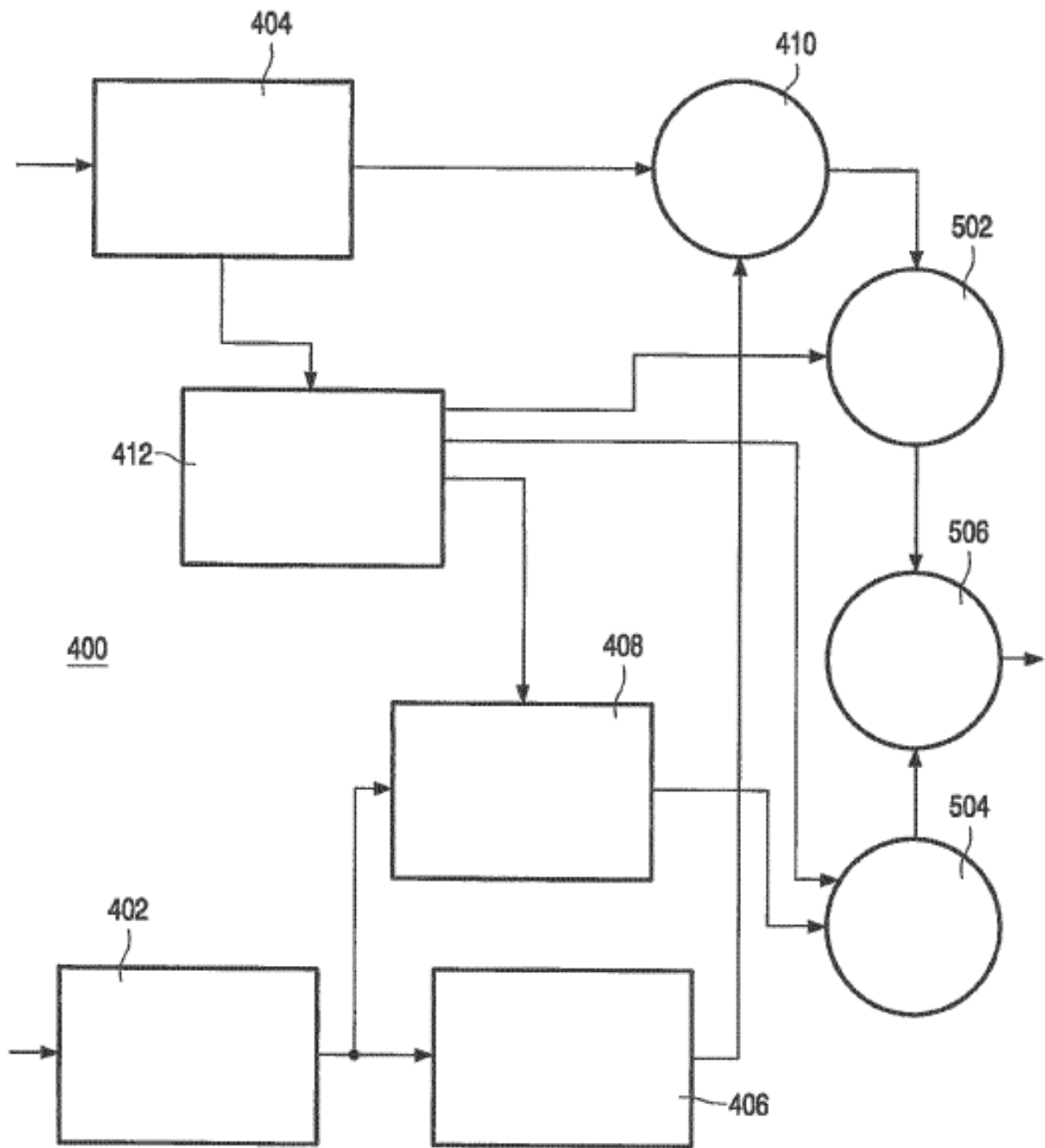


FIG. 5

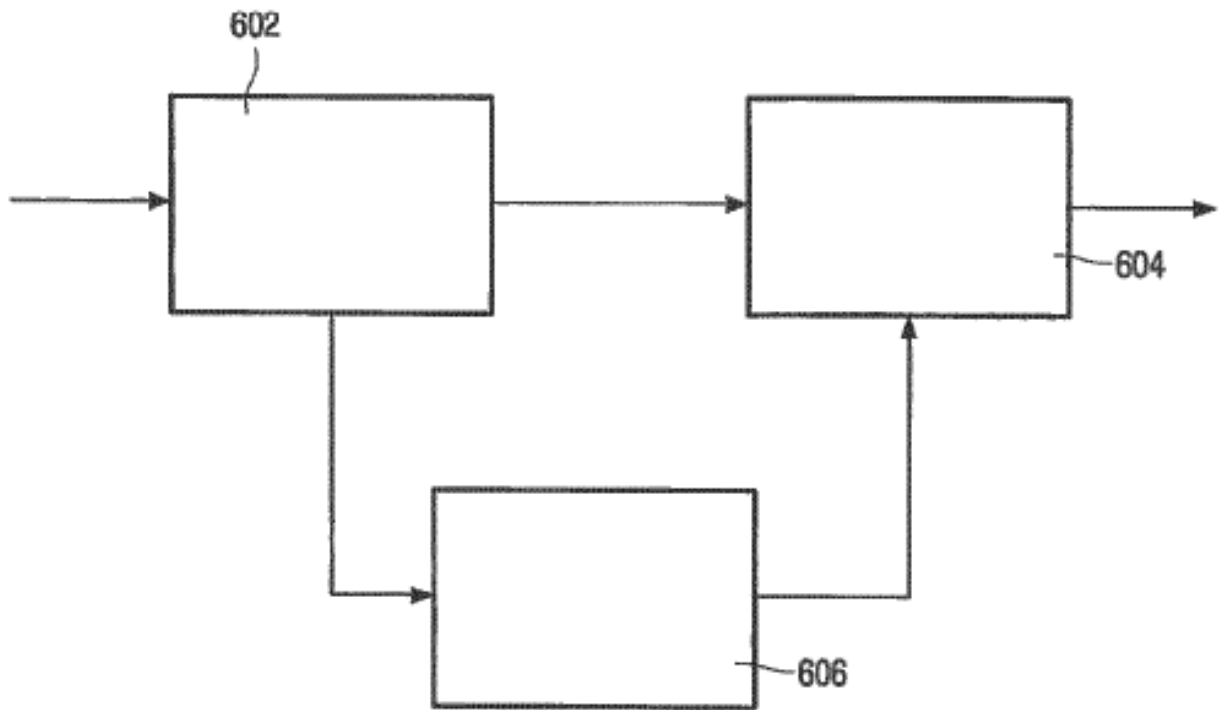


FIG. 6