

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 473**

51 Int. Cl.:

**H04N 19/52** (2014.01)

**H04N 19/573** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2009 PCT/IB2009/000550**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2009 WO09115901**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2009 E 09722899 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 2266318**

54 Título: **Vector de movimiento combinado y predicción de índice de referencia para la codificación de vídeo**

30 Prioridad:

**19.03.2008 US 38008 P**

**08.04.2008 US 43366 P**

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

**17.03.2021**

73 Titular/es:

**NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)**

**Karakaari 7**

**02610 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**HALLAPURO, ANTTI, OLLI;**

**UGUR, KEMAI y**

**LAINEMA, JANI**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 812 473 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

Vector de movimiento combinado y predicción de índice de referencia para la codificación de vídeo

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a la codificación y decodificación de contenido multimedia. Más particularmente, la presente invención se refiere a la codificación y decodificación de contenido de vídeo digital.

## 10 Antecedentes de la invención

Esta sección está destinada a proporcionar antecedentes o contexto a la invención que se enumera en las reivindicaciones. La descripción en este documento puede incluir conceptos que podrían perseguirse, pero no son necesariamente los que se han concebido o perseguido previamente. Por lo tanto, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, lo que se describe en esta sección no es técnica anterior a la descripción y las reivindicaciones de esta solicitud y no se admite como técnica anterior por inclusión en esta sección.

Una señal de vídeo digital comprende una secuencia de imágenes fijas (también denominadas "imágenes" o "cuadros") en un formato digital sin comprimir. Cada cuadro de vídeo está formado por una matriz de píxeles. Por ejemplo, en un formato de imagen digital conocido como Quarter Common Interchange Format (QCIF), una imagen o cuadro comprende 25.344 píxeles dispuestos en una matriz de 176 x 144 píxeles. El objetivo de la codificación de vídeo (codificación o compresión) es reducir los datos para representar una señal de vídeo. En general, existe un grado significativo de correlación entre los valores de los píxeles vecinos dentro de una imagen de una secuencia de imágenes. En términos prácticos, lo que se denomina redundancia espacial, significa que el valor de cualquier píxel dentro de una imagen es sustancialmente el mismo que el valor de otros píxeles en su vecindad inmediata. Además, las imágenes consecutivas de una secuencia de imágenes también tienden a ser bastante similares. Por lo tanto, el cambio general entre una imagen y la siguiente es bastante pequeño. Esto significa que existe una considerable redundancia temporal dentro de una secuencia típica de imágenes digitales. Un codificador de vídeo transforma un vídeo de entrada en una representación comprimida adecuada para almacenamiento y/o transmisión, y un decodificador de vídeo descomprime la representación de contenido comprimido de nuevo en una forma visible.

Los sistemas de codificación de vídeo existentes de última generación reducen la cantidad de datos utilizados para representar la señal de vídeo aprovechando las redundancias espaciales y temporales dentro de la secuencia de imágenes. Estos métodos de codificación de vídeo "híbridos", por ejemplo utilizados en UIT-T H.263 y H.264, codifican la información de vídeo en dos fases. En primer lugar, los valores de los píxeles en una determinada área de imagen o "bloque" se predicen utilizando, por ejemplo, mecanismos de compensación de movimiento o mecanismos espaciales. Los mecanismos de compensación de movimiento pueden incluir, por ejemplo, encontrar e indicar un área en un cuadro de vídeo previamente codificado que se corresponda estrechamente con el bloque que se está codificando. Los mecanismos espaciales pueden incluir, por ejemplo, usar los valores de los píxeles alrededor del bloque para codificarlos de una manera específica. En segundo lugar, se codifica el error de predicción, es decir, la diferencia entre el bloque de píxeles predicho y el bloque de píxeles original. Esto se logra típicamente transformando la diferencia en los valores de los píxeles usando una transformada especificada como una Transformada de Coseno Discreta (DCT) o una variante de la misma, cuantificando los coeficientes y codificando por entropía los coeficientes cuantificados. Al variar la fidelidad del proceso de cuantificación, el codificador puede controlar el equilibrio entre la precisión de la representación de píxeles (es decir, la calidad de la imagen) y el tamaño de la representación de vídeo codificada resultante (por ejemplo, el tamaño del archivo o la velocidad de transmisión de bits).

El decodificador reconstruye el vídeo de salida aplicando mecanismos de predicción similares a los usados por el codificador para formar una representación predicha de los bloques de píxeles (usando el movimiento o la información espacial creada por el codificador y almacenada en la representación comprimida) y realizar decodificación de errores de predicción. La decodificación de errores de predicción es la operación inversa de la codificación de errores de predicción y se utiliza para recuperar la señal de error de predicción cuantificada en un dominio de píxeles espaciales. Después de aplicar los mecanismos de decodificación de predicción y error de predicción, el decodificador suma las señales de predicción y error de predicción (es decir, los valores de píxeles) para formar el cuadro de vídeo de salida. El decodificador y el codificador también pueden aplicar mecanismos de filtrado adicionales para mejorar la calidad del vídeo de salida antes de pasarlo para su visualización y/o almacenarlo como referencia de predicción para los próximos cuadros en la secuencia de vídeo.

En algunos códecs de vídeo, la información de movimiento se indica con vectores de movimiento asociados con cada bloque de imagen con compensación de movimiento. Cada vector de movimiento representa el desplazamiento del bloque de imagen en la imagen por codificar (en el lado del codificador) o decodificar (en el lado del decodificador) y el bloque fuente de predicción en una de las imágenes previamente codificadas o decodificadas. Con el fin de representar eficazmente los vectores de movimiento, estos a menudo se codifican diferencialmente con respecto a los vectores de movimiento predichos específicos del bloque. En muchos códecs de vídeo, los vectores de movimiento predichos se crean

de una manera predefinida, por ejemplo, calculando la mediana de los vectores de movimiento codificados o decodificados de los bloques adyacentes.

5 Varios codificadores de vídeo utilizan funciones de costo lagrangiano para determinar los modos de codificación óptimos, por ejemplo, el modo de macrobloque deseado y los vectores de movimiento asociados. Este tipo de función de costo utiliza un factor de ponderación  $\lambda$  para unir la distorsión de la imagen exacta o estimada debido a métodos de codificación con pérdida y la cantidad exacta o estimada de información que se requiere para representar los valores de píxeles en un área de imagen  $C = D + \lambda R$ , donde C es el costo lagrangiano por minimizar, D es la distorsión de la imagen (por ejemplo, el error cuadrático medio) con el modo y los vectores de movimiento considerados, y R el número de bits necesarios para  
10 representar los datos requeridos para reconstruir el bloque de imagen en el decodificador (incluida la cantidad de datos utilizados para representar los vectores de movimiento candidatos).

#### Sumario de la invención

15 La invención está definida por las reivindicaciones independientes. Más detalles de la presente invención, junto con la organización y forma de funcionamiento de la misma, resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se tome junto con los dibujos adjuntos, en los que los elementos similares tienen números similares en todos los dibujos descritos a continuación.

#### 20 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una representación gráfica de un sistema de comunicación multimedia genérico dentro del cual se pueden implementar varias realizaciones;  
la Figura 2 es un diagrama de bloques de un codificador de vídeo representativo;  
25 la Figura 3 es un diagrama de bloques de un decodificador de vídeo representativo;  
la Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra en general cómo se puede seleccionar un predictor de vector de movimiento de acuerdo con diversas realizaciones;  
la Figura 5(a) muestra una primera disposición potencial de bloques individuales A, B y C alrededor de un bloque actual P;  
y  
30 la Figura 5(b) muestra una segunda disposición potencial de bloques individuales A, B y C alrededor de un bloque P actual;  
la Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un proceso detallado mediante el cual se puede seleccionar un predictor de acuerdo con diversas realizaciones;  
la Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de ejemplo para codificar una imagen de acuerdo con diversas realizaciones;  
35 la Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para la selección de un predictor y un índice de referencia para un bloque P de acuerdo con diversas realizaciones;  
la Figura 9 es una vista en perspectiva de un dispositivo electrónico que se puede usar junto con la implementación de diversas realizaciones de la presente invención; y  
40 la Figura 10 es una representación esquemática del circuito que puede incluirse en el dispositivo electrónico de la Figura 9.

#### Descripción detallada de diversas realizaciones

45 La Figura 1 es una representación gráfica de un sistema de comunicación multimedia genérico dentro del cual se pueden implementar varias realizaciones. Como se muestra en la Figura 1, una fuente 100 de datos proporciona una señal fuente en un formato analógico, digital sin comprimir o digital comprimido, o cualquier combinación de estos formatos. Un codificador 110 codifica la señal fuente en un flujo de bits de medios codificado. Cabe señalar que un flujo de bits por decodificar se puede recibir directa o indirectamente desde un dispositivo remoto ubicado dentro de prácticamente cualquier tipo de red. Además, el flujo de bits se puede recibir desde hardware o software local. El codificador 110 puede ser capaz de codificar más de un tipo de medio, como audio y vídeo, o puede ser necesario más de un codificador 110 para codificar diferentes tipos de medios de la señal fuente. El codificador 110 también puede obtener entradas producidas sintéticamente, como gráficos y texto, o puede ser capaz de producir flujos de bits codificados de medios sintéticos. A continuación, solo se considera que el procesamiento de un flujo de bits de medios codificado de un tipo de medio simplifica la descripción. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, por lo general, los servicios de transmisión en tiempo real comprenden varias transmisiones (por lo general, al menos una transmisión de subtítulos de audio, vídeo y texto). También cabe señalar que el sistema puede incluir muchos codificadores, pero en la Figura 1 sólo se representa un codificador 110 para simplificar la descripción sin falta de generalidad. Debe entenderse, además, que, aunque el texto y los ejemplos contenidos en este documento pueden describir específicamente un proceso de codificación, un experto en la técnica entendería que los mismos conceptos y principios también se aplican al proceso de decodificación correspondiente, y viceversa.  
50  
55  
60

El flujo de bits de medios codificados se transfiere a un almacenamiento 120. El almacenamiento 120 puede comprender cualquier tipo de memoria masiva para almacenar el flujo de bits de medios codificados. El formato del flujo de bits de medios codificados en el almacenamiento 120 puede ser un formato de flujo de bits autónomo elemental, o se pueden encapsular uno o más flujos de bits de medios codificados en un archivo contenedor. Algunos sistemas funcionan "en  
65

vivo”, es decir, omiten el almacenamiento y transfieren el flujo de bits de medios codificados desde el codificador 110 directamente al emisor 130. El flujo de bits de medios codificados se transfiere luego al emisor 130, también denominado servidor, según sea necesario. El formato utilizado en la transmisión puede ser un formato de flujo de bits autónomo elemental, un formato de flujo de paquetes o uno o más flujos de bits de medios codificados pueden encapsularse en un archivo contenedor. El codificador 110, el almacenamiento 120 y el servidor 130 pueden residir en el mismo dispositivo físico o pueden estar incluidos en dispositivos separados. El codificador 110 y el servidor 130 pueden funcionar con contenido en vivo en tiempo real, en cuyo caso el flujo de bits de medios codificado no se almacena normalmente en forma permanente, sino que se almacena temporalmente durante pequeños periodos de tiempo en el codificador de contenido 110 y/o en el servidor 130 para suavizar las variaciones en el retardo del procesamiento, retardo de la transferencia y tasa de bits de medios codificados.

El servidor 130 envía el flujo de bits de medios codificado utilizando una pila de protocolos de comunicación. La pila puede incluir, pero sin limitación, el Protocolo de transporte en tiempo real (RTP), el Protocolo de datagramas de usuario (UDP) y el Protocolo de Internet (IP). Cuando la pila de protocolos de comunicación está orientada a paquetes, el servidor 130 encapsula el flujo de bits de medios codificados en paquetes. Por ejemplo, cuando se usa RTP, el servidor 130 encapsula el flujo de bits de medios codificados en paquetes RTP de acuerdo con un formato de carga útil RTP. Normalmente, cada tipo de medio tiene un formato de carga útil RTP dedicado. Cabe señalar de nuevo que un sistema puede contener más de un servidor 130, pero en aras de la simplicidad, la siguiente descripción solo considera un servidor 130.

El servidor 130 puede estar conectado o no a una puerta 140 de enlace a través de una red de comunicación. La puerta 140 de enlace puede realizar diferentes tipos de funciones, como la traducción de un flujo de paquetes de acuerdo con una pila de protocolos de comunicación a otra pila de protocolos de comunicación, la fusión y bifurcación de flujos de datos y la manipulación del flujo de datos de acuerdo con el enlace descendente y/o las capacidades del receptor, como controlar la tasa de bits del flujo reenviado de acuerdo con las condiciones de red de enlace descendente predominantes. Ejemplos de puertas 140 de enlace incluyen MCU, puertas de enlace entre telefonía de vídeo con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, servidores “Push-to-talk over Cellular” (PoC), encapsuladores de IP en sistemas portátiles de transmisión de vídeo digital (DVB-H) o decodificadores que envían transmisiones de difusión localmente a redes inalámbricas domésticas. Cuando se utiliza RTP, la puerta 140 de enlace se denomina mezclador RTP o traductor RTP y normalmente actúa como un punto final de una conexión RTP.

El sistema incluye uno o más receptores 150, típicamente capaces de recibir, demodular y desencapsular la señal transmitida en un flujo de bits de medios codificado. El flujo de bits de medios codificados se transfiere a un almacenamiento 155 de grabación. El almacenamiento 155 de grabación puede comprender cualquier tipo de memoria masiva para almacenar el flujo de bits de medios codificados. El almacenamiento 155 de grabación puede comprender en forma alternativa o aditiva una memoria de cálculo, tal como una memoria de acceso aleatorio. El formato del flujo de bits de medios codificados en el almacenamiento 155 de grabación puede ser un formato de flujo de bits autónomo elemental, o pueden encapsularse uno o más flujos de bits de medios codificados en un archivo contenedor. Si hay múltiples flujos de bits de medios codificados, tales como un flujo de audio y un flujo de vídeo, asociados entre sí, se usa típicamente un archivo contenedor y el receptor 150 comprende o está conectado a un generador de archivos contenedor que produce un archivo contenedor a partir de flujos de entrada. Algunos sistemas operan “en vivo”, es decir, omiten el almacenamiento 155 de grabación y transfieren el flujo de bits de medios codificados desde el receptor 150 directamente al decodificador 160. En algunos sistemas, solo la parte más reciente del flujo grabado, por ejemplo, el último extracto de 10 minutos de la secuencia grabada, se mantiene en el almacenamiento 155 de grabación, mientras que cualquier dato grabado anteriormente se descarta del almacenamiento 155 de grabación.

El flujo de bits de medios codificados se transfiere del almacenamiento 155 de grabación al decodificador 160. Si hay muchos flujos de bits de medios codificados, como un flujo de audio y un flujo de vídeo, asociados entre sí y encapsulados en un archivo contenedor, se usa un analizador de archivos (no mostrado en la Figura) para desencapsular cada flujo de bits de medios codificados del archivo contenedor. El almacenamiento 155 de grabación o un decodificador 160 puede comprender el analizador de archivos, o el analizador de archivos está conectado al almacenamiento 155 de grabación o al decodificador 160.

El flujo de bits de medios codificados normalmente se procesa adicionalmente mediante un decodificador 160, cuya salida son uno o más flujos de medios sin comprimir. Finalmente, un procesador 170 puede reproducir los flujos de medios sin comprimir con un altavoz o una pantalla, por ejemplo. El receptor 150, el almacenamiento 155 de grabación, el decodificador 160 y el renderizador 170 pueden residir en el mismo dispositivo físico o pueden estar incluidos en dispositivos separados.

Un emisor 130 de acuerdo con diversas realizaciones puede configurarse para seleccionar las capas transmitidas por múltiples razones, tales como responder a las solicitudes del receptor 150 o las condiciones predominantes de la red a través de la que se transmite el flujo de bits. Una solicitud del receptor puede ser, por ejemplo, una solicitud de cambio de capas para la visualización o un cambio de un dispositivo de reproducción que tiene diferentes capacidades en comparación con el anterior.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un codificador de vídeo representativo. Más particularmente, la Figura 2 muestra cómo una imagen por codificar 200 se somete a la predicción 202 de píxeles, la codificación 203 del error de predicción y la decodificación 204 del error de predicción. Para la predicción 202 de píxeles, la imagen 200 se somete a la interpredicción 206 o la intrapredicción 208 que, después de la selección 210 de modo, da como resultado la representación de predicción de un bloque 212 de imagen. Una imagen 214 reconstruida preliminar también se usa para intrapredicción 208. Una vez que se procesan todos los bloques de imagen, la imagen 214 reconstruida preliminar se somete a filtrado en 216 para crear una imagen 240 reconstruida final, que se envía a una memoria 218 de cuadros de referencia y también se usa para la interpredicción 206 de cuadros futuros.

La representación de predicción del bloque 212 de imagen, así como la imagen 200 por codificar, se utilizan juntas para definir una señal 220 de error de predicción que se utiliza para la codificación 203 de error de predicción. En la codificación 203 de error de predicción, la señal 220 de error de predicción experimenta la transformación 226 y la cuantificación 228. Los datos que describen el error de predicción y la representación predicha del bloque 212 de imagen (por ejemplo, vectores de movimiento, información de modo y muestras DCT+espaciales cuantificadas) se pasan a la codificación 230 entrópica. La decodificación 204 del error de predicción es sustancialmente lo opuesto a la codificación 203 de error de predicción, donde la decodificación de error de predicción incluye una transformada 234 inversa y una cuantificación 236 inversa. El resultado de la decodificación 204 de error de predicción es una señal 238 de error de predicción reconstruida, que se utiliza en combinación con la representación predicha del bloque 212 de imagen para crear la imagen 214 reconstruida preliminar.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un decodificador de vídeo representativo. Como se muestra en la Figura 3, la decodificación 300 entrópica va seguida de la decodificación 302 de error de predicción y la predicción 304 de píxeles. En la decodificación 302 de error de predicción, se realiza una transformada 306 inversa y una cuantificación 308 inversa, lo que da como resultado una señal 312 de error de predicción reconstruida. Para predicción 304 de píxeles, se produce intrapredicción o interpredicción en 314 para crear una representación predicha de un bloque 316 de imagen. La representación predicha del bloque de imagen 316 se usa junto con la señal 312 de error de predicción reconstruida para crear una imagen 318 reconstruida preliminar que, a su vez, se puede usar para la predicción 314. Una vez que se han procesado todos los bloques de imagen, la imagen 318 reconstruida preliminar se pasa para el filtrado 320. La imagen filtrada también se puede almacenar en la memoria 324 del cuadro de referencia, haciéndola utilizable también para la predicción 314.

Diversas realizaciones proporcionan un sistema y método para mejorar la eficiencia de codificación de la información de vectores de movimiento. Utilizando el decodificador representado en la Figura 3, en diversas realizaciones, un macrobloque de tamaño 16 x 16 se divide en hasta cuatro bloques. Para cada bloque, se genera un vector de movimiento que suma la predicción del vector de movimiento y el vector de movimiento delta que se señala en el flujo de bits. Un proceso utilizado por el decodificador para determinar la predicción del vector de movimiento de acuerdo con diversas realizaciones se representa generalmente en la Figura 4. Para determinar la predicción del vector de movimiento, para un bloque de movimiento dado, un decodificador primero selecciona varios predictores de vector de movimiento candidatos en 400 basado en parámetros tales como índices de referencia y modos de codificación del bloque actual y bloques vecinos. A partir del número de vectores de movimiento candidatos, se selecciona en 410 un conjunto de predictores de vectores de movimiento candidatos más probables (por ejemplo, dos predictores de vectores de movimiento candidatos en una realización particular), usando un proceso de selección de predictores de vectores de movimiento predefinidos. El predictor final puede seleccionarse en 430 basándose en la información señalizada en el flujo de bits que indica qué predicción de vector de movimiento entre el conjunto de candidatos más probables se utiliza, si el conjunto comprende más de un candidato más probable. Si el proceso anterior da como resultado sólo una predicción de vector de movimiento más probable, entonces no se señala información en el flujo de bits y la predicción más probable se usa en 420.

También se pueden usar diversas realizaciones para mejorar el rendimiento de macrobloques codificados en modo SKIP. En el modo SKIP, uno o más macrobloques se codifican juntos sin transmitir ninguna información residual, y estos macrobloques comparten el mismo vector de movimiento. Diversas realizaciones sirven para mejorar la codificación del modo SKIP actualizando el vector de movimiento de cada macrobloque. Esto se logra mediante la realización de los procesos anteriores y la señalización en el flujo de bits para cada macrobloque. El predictor de vector de movimiento seleccionado se utiliza como el vector de movimiento real para el macrobloque codificado en modo SKIP. Aquí, también se hace referencia a GUILLAUME LAROCHE ET AL.: "Competition Based Prediction for Skip Mode Motion Vector Using Macroblock Classification for the H.264 JM KTA Software", ADVANCED CONCEPTS FOR INTELLIGENT VISION SYSTEMS; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE], SPRINGER BERLÍN HEIDELBERG, BERLÍN, HEIDELBERG, vol. 4678, 28 de agosto de 2007 (28-08-2007), páginas 789-799, ISBN: 978-3-540-74606-5, que describe un esquema de predicción de vectores de movimiento basado en la competencia mediante la generación de una lista ordenada de predictores de vectores de movimiento candidatos seleccionables. Aunque el índice de imagen de referencia asociado de un vector de movimiento candidato se tiene en cuenta para el escalado del vector de movimiento candidato, no se utiliza para ordenar la lista de candidatos. Además, JANI LAINEMA ET AL.: "Improved Motion Vector Prediction for TML-4", ITU-T VCEG, ITU-T SG16 Q15, no. q15k34, 16 de agosto de 2000 (16-08-2000), páginas 1-2, Portland, Oregon, EE. UU., describe un esquema de predicción de vector de movimiento que favorece a los candidatos a predictores en caso de que solo haya un candidato que use la misma imagen de referencia que el bloque para ser codificado. O en caso de que haya más candidatos apuntando al mismo cuadro de referencia, seleccionar un candidato teniendo en cuenta el uso de

particiones de bloque rectangulares. Sin embargo, a diferencia de la presente invención, no se aplica favorecer a los mismos candidatos a predictores de imágenes de referencia para generar un orden de rango en una lista de predictores de vectores de movimiento candidatos.

5 Para la implementación de varias realizaciones, es útil considerar una situación en la que un vector de movimiento  $vecP$  se está decodificando para un bloque actual  $P$ , que también tiene un índice de referencia  $refP$  (el índice de referencia asociado con un bloque indica que la imagen previamente decodificada se utiliza para predecir el bloque). Los vectores candidatos  $vecA$ ,  $vecB$  y  $vecC$  y los índices de referencia  $refA$ ,  $refB$  y  $refC$  pertenecen a los respectivos bloques vecinos  $A$ ,  $B$  y  $C$ , respectivamente. En las Figuras 5(a) y 5(b), se representan dos posibles conjuntos de ubicaciones de los bloques  $A$ ,  $B$  y  $C$  con respecto al bloque  $P$ .

10 En la situación anterior, la selección del predictor para el bloque  $P$  procede de la siguiente manera, y como se muestra en la Figura 6. Si un bloque ( $A$ ,  $B$  o  $C$ ) está intracodificado o no está disponible (lo que puede ocurrir, por ejemplo, si el bloque está en el límite de la imagen), entonces el vector respectivo se establece en 0 y el índice de referencia se establece en -1. Este proceso está representado en 600 en la Figura 6. Cabe señalar que -1 se selecciona arbitrariamente, y el índice de referencia podría ser cualquier símbolo que diferencie los bloques intracodificados y los bloques no disponibles de otros bloques. En una realización, se comprueba una condición de predicción de segmentación direccional de la misma manera que se determina una predicción de vector de movimiento como se discutió anteriormente. Si se cumple la condición de segmentación de dirección, el vector de movimiento resultante se selecciona como predictor. Este proceso se representa en 610 en la Figura 6.

15 En 620 en la Figura 6, los vectores que tienen un índice de referencia igual a  $refP$  se colocan en la lista de vectores de movimiento candidatos en el orden de  $vecA$ ,  $vecB$ ,  $vecC$ . En 630, los vectores que tienen un índice de referencia no igual a  $refP$  y no igual a -1 se agregan a la misma lista de vectores de movimiento candidatos basándose en los valores de los índices de referencia. En una realización particular, un índice de referencia más bajo tiene prioridad sobre un índice de referencia más alto. Si la lista de vectores de movimiento candidatos está vacía, el vector (0,0) se puede agregar a la lista en 640. En 650, los duplicados se eliminan de la lista de vectores de movimiento candidatos.

20 En una realización particular, si el número de vectores en la lista es 1, entonces el vector en la lista se selecciona como predictor en 660. Si el número de vectores en la lista es 2 o más, por otro lado, entonces en 670 se selecciona el primer o el segundo vector basándose en la información que está almacenada en el flujo de bits comprimido. En una realización particular, se usa un bit para señalar la selección del predictor, con un valor de bit de 0 que indica la selección del primer candidato y un valor de bit de 1 que indica la selección del segundo candidato.

25 En una realización particular, el número de predictores iniciales no está restringido. Sin embargo, es posible establecer un límite al número de predictores iniciales. En tal caso, cuando se utilizan más de 2 predictores, la señalización se adapta al mayor número de predictores que se pueden señalar. La señalización puede basarse, por ejemplo, en códigos de longitud fija, códigos Huffman de longitud variable, códigos aritméticos u otros códigos.

30 Con respecto a la implementación que se muestra en la Figura 6, esta implementación puede modificarse de diversas formas. Por ejemplo, el orden de los vectores de movimiento que se incluyen en la lista puede ser diferente de  $vecA$ ,  $vecB$ ,  $vecC$ . Este orden también puede depender, por ejemplo, de la partición de movimiento o del modo del macrobloque o los macrobloques vecinos. El orden también se puede señalar en el flujo de bits a diferentes niveles, como en un encabezado de segmento o en un encabezado de imagen. Además, en lugar de agregar el vector (0,0) a la lista si la lista está vacía, se podría usar otro vector predefinido o señalado. Aún más, pueden usarse vectores de movimiento de diferentes imágenes. Por ejemplo, se pueden usar vectores de movimiento de bloques ubicados en el mismo espacio de imágenes decodificadas previamente. Además, se podrían generar más vectores de movimiento candidatos a partir de  $vecA$ ,  $vecB$ , etc. Esto se puede lograr, por ejemplo, promediando dos vectores.

35 La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de ejemplo para codificar una imagen según diversas realizaciones. En 700 en la Figura 7, se ordena una pluralidad de predictores para un vector de movimiento de un bloque de imagen actual. El orden de rango de cada predictor puede determinarse basándose, al menos en parte, en un modo de codificación de un bloque del que se deriva el predictor. En determinadas formas de realización, cada uno de los predictores tiene valores distintos. Además, el modo de codificación puede indicar la información de partición del bloque, y esta información de partición puede representar el tamaño y la forma del bloque. En determinadas formas de realización, un bloque que tiene el mismo índice de referencia que el bloque de imagen actual puede tener un orden de rango menor que un bloque con un índice de referencia diferente del índice de referencia del bloque de imagen actual.

40 En 705, se puede agregar un predictor adicional a los predictores que se ordenaron en 700, si el valor del predictor adicional no estaba representado en el conjunto original. En 710, se selecciona un predictor para el vector de movimiento del bloque de imagen actual entre la pluralidad de predictores. En 720, se puede proporcionar una indicación representativa del rango del predictor en un flujo de bits codificado. El orden de rango del predictor puede basarse al menos en parte en un índice de referencia del bloque del que se deriva el predictor. Como se mencionó anteriormente, esta indicación puede no proporcionarse en el flujo de bits codificado en ciertas situaciones, como cuando se determina que solo hay un predictor más probable.

Con respecto a la pluralidad de predictores que se ordenan en 700, estos predictores pueden comprender al menos uno de los vectores de movimiento para los siguientes bloques: un bloque vecino del bloque de imagen actual, un bloque en una segunda imagen, un bloque ubicado conjuntamente en una segunda imagen, un bloque vecino de un bloque ubicado conjuntamente en una segunda imagen, un bloque en una segunda capa (en el caso de que se codifiquen y decodifiquen múltiples capas de una imagen) y un bloque en una segunda vista (cuando se codifican y decodifican varias vistas de una imagen).

Las realizaciones de la presente invención también mejoran la eficacia de codificación de un códec de vídeo al hacer que la selección de un predictor de vector de movimiento sea más precisa. De acuerdo con diversas realizaciones, se dispone una lista de candidatos predictores de vectores de movimiento según reglas predefinidas. Normalmente, los vectores candidatos proceden de bloques vecinos. Cada vector de movimiento también tiene un índice de referencia asociado. A continuación, se selecciona uno de los candidatos de vector de movimiento como predictor basado en reglas predefinidas, o la selección se señala explícitamente en el flujo de bits. El índice de referencia asociado con el vector de movimiento seleccionado se utiliza como índice de referencia para el bloque actual. El índice de referencia se predice junto con el vector de movimiento. Un proceso para codificar información de vector de movimiento de acuerdo con estas realizaciones es similar al proceso representado en la Figura 7. En estas realizaciones, sin embargo, cada predictor de vector de movimiento incluye un índice de referencia asociado con el mismo.

Para una mejor comprensión de varias realizaciones, es útil imaginar una situación en la que el vector de movimiento  $vecP$  se decodifica para un bloque actual  $P$ . Los vectores candidatos  $vecA$ ,  $vecB$  y  $vecC$  y los índices de referencia asociados  $refA$ ,  $refB$  y  $refC$  pertenecen a los respectivos bloques vecinos  $A$ ,  $B$  y  $C$ , como se muestra en las Figuras 5(a) y 5(b).

Un proceso para la selección del predictor y el índice de referencia para el bloque  $P$  procede como sigue y se muestra en la Figura 8. Primero, se determina si un bloque ( $A$ ,  $B$  o  $C$ ) está intracodificado o no está disponible. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en el límite de una imagen. Si un bloque ( $A$ ,  $B$  o  $C$ ) está intracodificado o no está disponible, entonces en 800, el vector respectivo se establece en 0 y el índice de referencia se establece en -1. Sin embargo, cabe señalar que el valor -1 se selecciona arbitrariamente y puede variar. De hecho, el índice de referencia podría establecerse en cualquier símbolo que diferencie los bloques intracodificados y los bloques no disponibles de otros bloques. En 810, los vectores que tienen un índice de referencia que no es igual a -1 se agregan a una lista de vectores candidatos. Si la lista de vectores de movimiento candidatos está vacía, entonces el vector (0,0) se agrega a la lista en 820.

Si la lista de vectores candidatos contiene vectores de movimiento que son iguales entre sí, solo uno de esos vectores permanece en la lista y los demás se eliminan en 830. Dos vectores de movimiento son iguales entre sí cuando sus valores son iguales y sus índices de referencia asociados son iguales. Si el número de vectores de la lista es 1, el vector de la lista se selecciona como predictor y su índice de referencia se selecciona como índice de referencia del bloque actual. Esto se representa en 840. Si el número de vectores en la lista es 2 o más, el primer o el segundo vector se selecciona en función de la información almacenada en el flujo de bits comprimido, y el índice de referencia del vector de movimiento seleccionado se utiliza como un índice de referencia del bloque actual. Esto está representado en 850.

En una realización particular, se usa un bit para señalar la selección del predictor. En esta realización, un valor de bit de 0 indica la selección del primer candidato, mientras que un valor de bit de 1 indica la selección del segundo candidato.

En una implementación alternativa, la selección del vector no se señala en el flujo de bits. En su lugar, se puede seleccionar un vector en función de un conjunto de heurística. Sin embargo, el índice de referencia asociado con el vector seleccionado se usa para el bloque actual.

Diversas realizaciones de la presente invención pueden ser particularmente útiles para bloques para los cuales los diferenciales de vector de movimiento o índices de referencia no se almacenan en un flujo de bits. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en los modos SKIP y DIRECT en el estándar H.264/AVC. Sin embargo, estas realizaciones también pueden usarse en otras situaciones. Por ejemplo, la codificación entrópica de un índice de referencia del bloque actual puede mejorarse (si el índice de referencia se codifica en el flujo de bits) codificando el índice de referencia de manera diferencial con respecto al índice de referencia predicho.

En una realización particular, el número de predictores iniciales es 3. Sin embargo, es posible seleccionar más predictores iniciales para una eficiencia de codificación potencialmente mejorada. De manera similar, el número máximo de predictores relevantes en la lista final está restringido a un máximo de 2 en una realización, pero es posible utilizar un número mayor de predictores. Si se utilizan más predictores, la señalización se adapta al mayor número de predictores que se pueden señalar. La señalización puede basarse, por ejemplo, en códigos de longitud fija, códigos Huffman de longitud variable, códigos aritméticos u otros códigos.

Además de lo anterior, son posibles varias implementaciones alternativas de diversas realizaciones. Por ejemplo, el orden de los vectores de movimiento que se colocan en la lista puede ser diferente al de  $vecA$ ,  $vecB$  y  $vecC$ . El orden preciso puede depender, por ejemplo, de la partición de movimiento o del modo del macrobloque o macrobloques vecinos. El orden también se puede señalar en el flujo de bits a diferentes niveles, como en el encabezado del segmento o en el

encabezado de la imagen. Además, en lugar de agregar un vector (0,0) a la lista si la lista está vacía, se puede usar un vector diferente predefinido o señalado. Además, se pueden utilizar vectores de movimiento de diferentes imágenes, tales como bloques de ubicación conjunta espacial de imágenes decodificadas previamente. Además, se pueden generar vectores de movimiento candidatos adicionales a partir de  $vecA$ ,  $vecB$ , etc. Esto se puede lograr, por ejemplo, promediando dos vectores.

Las Figuras 9 y 10 muestran un dispositivo 12 electrónico representativo dentro del cual se puede implementar la presente invención. Debe entenderse, sin embargo, que la presente invención no pretende limitarse a un tipo particular de dispositivo. El dispositivo 12 electrónico de las Figuras 9 y 10 incluye una carcasa 30, una pantalla 32 en forma de pantalla de cristal líquido, un teclado 34, un micrófono 36, un auricular 38, una batería 40, un puerto 42 de infrarrojos, una antena 44, una tarjeta 46 inteligente en forma de UICC de acuerdo con una realización, un lector 48 de tarjetas, un circuito 52 de interfaz de radio, un circuito 54 de códec, un controlador 56 y una memoria 58. Los circuitos y elementos individuales son todos de un tipo bien conocidos en la técnica, por ejemplo, en la gama de teléfonos móviles de Nokia.

Los dispositivos de comunicación individuales que se describen en este documento pueden comunicarse mediante diversas tecnologías de transmisión que incluyen, pero sin limitación, acceso múltiple por división de código (CDMA), sistema global para comunicaciones móviles (GSM), sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS), acceso múltiple por división de tiempo. (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet (TCP/IP), servicio de mensajería corta (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), correo electrónico, servicio de mensajería instantánea (IMS), Bluetooth, IEEE 802.11, etc. Un dispositivo de comunicación involucrado en la implementación de diversas realizaciones de la presente invención puede comunicarse usando varios medios que incluyen, pero sin limitación, radio, infrarrojos, láser, conexión por cable, y similares.

Diversas realizaciones descritas en el presente documento se describen en el contexto general de los pasos o procesos del método, que pueden implementarse en una realización mediante un producto de programa informático, incorporado en un medio legible por ordenador, incluidas instrucciones ejecutables por ordenador, tales como código de programa, ejecutado por ordenadores en entornos en red. Un medio legible por ordenador puede incluir dispositivos de almacenamiento extraíbles y no extraíbles que incluyen, pero sin limitación, memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), discos compactos (CD), discos digitales versátiles (DVD), etc. Generalmente, los módulos de programa pueden incluir rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc. que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Las instrucciones ejecutables por ordenador, las estructuras de datos asociadas y los módulos de programa representan ejemplos de código de programa para ejecutar pasos de los métodos descritos en este documento. La secuencia particular de tales instrucciones ejecutables o estructuras de datos asociadas representa ejemplos de actos correspondientes para implementar las funciones descritas en tales pasos o procesos.

Las realizaciones de la presente invención pueden implementarse en software, hardware, lógica de aplicación o una combinación de software, hardware y lógica de aplicación. El software, la lógica de la aplicación y/o el hardware pueden residir, por ejemplo, en un chipset, un dispositivo móvil, un ordenador de escritorio, un ordenador portátil o un servidor. Las implementaciones de software y web de diversas realizaciones se pueden lograr con técnicas de programación estándar con lógica basada en reglas y otra lógica para lograr diversos pasos o procesos de búsqueda de bases de datos, pasos o procesos de correlación, pasos o procesos de comparación y pasos o procesos de decisión. También pueden implementarse total o parcialmente diversas realizaciones dentro de elementos o módulos de red. Cabe señalar que las palabras "componente" y "módulo", como se usan en este documento y en las siguientes reivindicaciones, están destinadas a abarcar implementaciones que usan una o más líneas de código de software y/o implementaciones de hardware y/o equipos para recibir entradas manuales. Las estructuras individuales y específicas descritas en los ejemplos anteriores deben entenderse como una estructura representativa de medios para realizar funciones específicas descritas en las siguientes reivindicaciones, aunque las limitaciones en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitaciones de "medios más función" en el caso de que el término "medios" no se use en el mismo.

La descripción anterior de realizaciones se ha presentado con fines ilustrativos y descriptivos. La descripción anterior no pretende ser exhaustiva ni limitar las realizaciones de la presente invención a la forma precisa descrita, y son posibles modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores o pueden adquirirse de la práctica de diversas realizaciones. Las realizaciones discutidas en este documento se eligieron y describieron con el fin de explicar los principios y la naturaleza de diversas realizaciones y su aplicación práctica para permitir que un experto en la técnica utilice la presente invención en diversas realizaciones y con diversas modificaciones según se adapten al uso particular contemplado. Las características de las realizaciones descritas en este documento pueden combinarse en todas las combinaciones posibles de métodos, aparatos, módulos, sistemas y productos de programas informáticos.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método para codificar una imagen, que comprende:

5 ordenar una pluralidad de predictores de vector de movimiento de un bloque de imagen actual, caracterizado porque el método comprende, además:

establecer un orden de rango para todos de la pluralidad de predictores de vector de movimiento basado al menos en parte en al menos uno de un modo de codificación de un bloque del que se deriva el respectivo predictor de vector de movimiento y un índice de imagen de referencia del bloque del que se deriva un predictor de vector de movimiento, en el que cada predictor tiene un índice diferente que refleja el orden de rango y que puede seleccionarse y señalizarse a un decodificador; y

seleccionar un predictor de vector de movimiento particular del bloque de imagen actual de la pluralidad de predictores de vector de movimiento; y

15 proporcionar al menos selectivamente en un flujo de bits codificado una indicación representativa del orden de rango del predictor de vector de movimiento seleccionado;

en el que el predictor de vector de movimiento de cada bloque que tiene el mismo índice de imagen de referencia que el bloque de imagen actual tiene un orden de rango menor que el predictor de vector de movimiento de cada bloque con un índice de imagen de referencia diferente del índice de imagen de referencia del bloque de imagen actual.

20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el modo de codificación indica información de partición para el bloque del que se deriva el respectivo predictor de vector de movimiento.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la pluralidad de predictores de vector de movimiento comprende al menos un vector de movimiento para bloques seleccionados del grupo que consiste en un bloque vecino del bloque de imagen actual, un bloque en una segunda imagen, un bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque vecino del bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque en una segunda capa y un bloque en una segunda vista.

30 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la pluralidad de predictores de vector de movimiento comprende predictores de vector de movimiento, cada uno de los cuales tiene un valor distinto.

5. Un producto de programa informático, incorporado en un medio de almacenamiento legible por ordenador, que comprende un código informático configurado para realizar los procesos de acuerdo con la reivindicación 1 cuando se ejecuta en un ordenador.

6. Un aparato, que comprende:

40 medios para ordenar una pluralidad de predictores de vector de movimiento de un bloque de imagen actual, caracterizado porque el aparato comprende, además:

medios para establecer un orden de rango para todos de la pluralidad de predictores de vector de movimiento basados al menos en parte en al menos uno de un modo de codificación de un bloque del cual se deriva el respectivo predictor de vector de movimiento y un índice de imagen de referencia del bloque del cual se deriva el respectivo predictor de vector de movimiento, en el que cada predictor tiene un índice diferente que refleja el orden de rango y que puede seleccionarse y señalizarse a un decodificador;

medios para seleccionar un predictor de vector de movimiento particular del bloque de imagen actual de la pluralidad de predictores de vector de movimiento; y medios para proporcionar en un flujo de bits codificado una indicación representativa del orden de rango del predictor de vector de movimiento seleccionado;

50 en el que el predictor de vector de movimiento de cada bloque que tiene el mismo índice de imagen de referencia que el bloque de imagen actual tiene un orden de rango menor que el predictor de vector de movimiento de cada bloque con un índice de imagen de referencia diferente del índice de imagen de referencia del bloque de imagen actual.

7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el modo de codificación indica información de partición para el bloque del que se deriva el predictor de vector de movimiento respectivo.

8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la pluralidad de predictores de vector de movimiento comprende al menos un vector de movimiento para bloques seleccionados del grupo que consiste en un bloque vecino del bloque de imagen actual, un bloque en una segunda imagen, un bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque vecino del bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque en una segunda capa y un bloque en una segunda vista.

9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la pluralidad de predictores de vector de movimiento comprende predictores de vector de movimiento, cada uno de los cuales tiene un valor distinto.

10. Un método para decodificar una imagen, que comprende:

ordenar una pluralidad de predictores de vector de movimiento de un bloque de imagen actual, caracterizado porque el método comprende, además:

5 establecer un orden de rango para todos de la pluralidad de predictores de vector de movimiento basado al menos en parte en al menos uno de un modo de codificación de un bloque del que se deriva el respectivo predictor de vector de movimiento y un índice de imagen de referencia del bloque del que se deriva un predictor de vector de movimiento, en el que cada predictor tiene un índice diferente que refleja el orden de rango y que puede seleccionarse y señalizarse a un decodificador; y

10 seleccionar un predictor de vector de movimiento particular del bloque de imagen actual de la pluralidad de predictores de vector de movimiento para usar en la decodificación, en donde la información señalizada dentro de un flujo de bits se usa al menos selectivamente para seleccionar el vector de movimiento particular; usar un proceso predefinido para seleccionar un conjunto de predictores de vector de movimiento más probables de la pluralidad de predictores de vector de movimiento; y

15 en un caso en el que el proceso predefinido da como resultado la selección de más de un predictor de vector de movimiento más probable, usando la información señalizada en el flujo de bits para seleccionar el vector de movimiento particular del conjunto de predictores de vector de movimiento más probables;

20 en el que el predictor de vector de movimiento de cada bloque que tiene el mismo índice de imagen de referencia que el bloque de imagen actual tiene un orden de rango menor que el predictor de vector de movimiento de cada bloque con un índice de imagen de referencia diferente del índice de imagen de referencia del bloque de imagen actual.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el modo de codificación indica información de partición para el bloque del que se deriva el predictor de vector de movimiento respectivo.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la pluralidad de predictores de vector de movimiento comprende al menos un vector de movimiento para bloques seleccionados del grupo que consiste en un bloque vecino del bloque de imagen actual, un bloque en una segunda imagen, un bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque vecino del bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque en una segunda capa y un bloque en una segunda vista.

13. Un producto de programa informático, incorporado en un medio de almacenamiento legible por ordenador, que comprende un código informático configurado para realizar los procesos de acuerdo con la reivindicación 10 cuando se ejecuta en un ordenador.

14. Un aparato, que comprende:

medios para ordenar una pluralidad de predictores de vector de movimiento de un bloque de imagen actual, caracterizado porque el aparato comprende, además:

40 medios para establecer un orden de rango para todos de la pluralidad de predictores de vector de movimiento basados al menos en parte en al menos uno de un modo de codificación de un bloque del cual se deriva el respectivo predictor de vector de movimiento y un índice de imagen de referencia del bloque del cual el respectivo predictor de vector de movimiento se deriva, en el que cada predictor tiene un índice diferente que refleja el orden de rango; y

45 medios para seleccionar un predictor de vector de movimiento particular del bloque de imagen actual de la pluralidad de predictores de vector de movimiento para usar en decodificación, en los que la información señalizada dentro de un flujo de bits se usa al menos selectivamente para seleccionar el vector de movimiento particular;

medios para usar un proceso predefinido para seleccionar un conjunto de predictores de vector de movimiento más probables de la pluralidad de predictores de vector de movimiento; y

50 medios para usar la información señalizada en el flujo de bits para seleccionar el vector de movimiento particular del conjunto de predictores de vector de movimiento más probables, si el proceso predefinido da como resultado la selección de más de un predictor de vector de movimiento más probable;

en los que el predictor de vector de movimiento de cada bloque que tiene el mismo índice de imagen de referencia que el bloque de imagen actual tiene un orden de rango más pequeño que el predictor de vector de movimiento de cada bloque con un índice de imagen de referencia diferente del índice de imagen de referencia del bloque de imagen actual; y

55 medios para decodificar la indicación del vector de movimiento seleccionado.

15. El aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el modo de codificación indica información de partición para el bloque del que se deriva el predictor de vector de movimiento respectivo.

16. El aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la pluralidad de predictores de vector de movimiento comprende al menos un vector de movimiento para bloques seleccionados del grupo que consiste en un bloque vecino del bloque de imagen actual, un bloque en una segunda imagen, un bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque vecino del bloque ubicado conjuntamente en la segunda imagen, un bloque en una segunda capa y un bloque en una segunda vista.

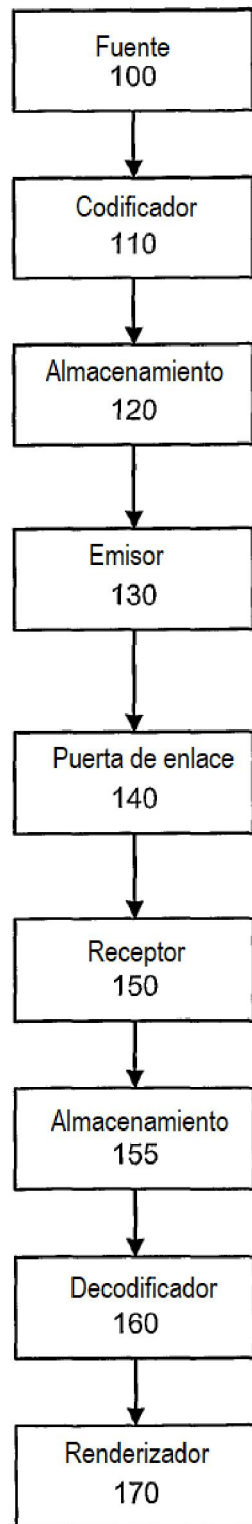


FIG. 1

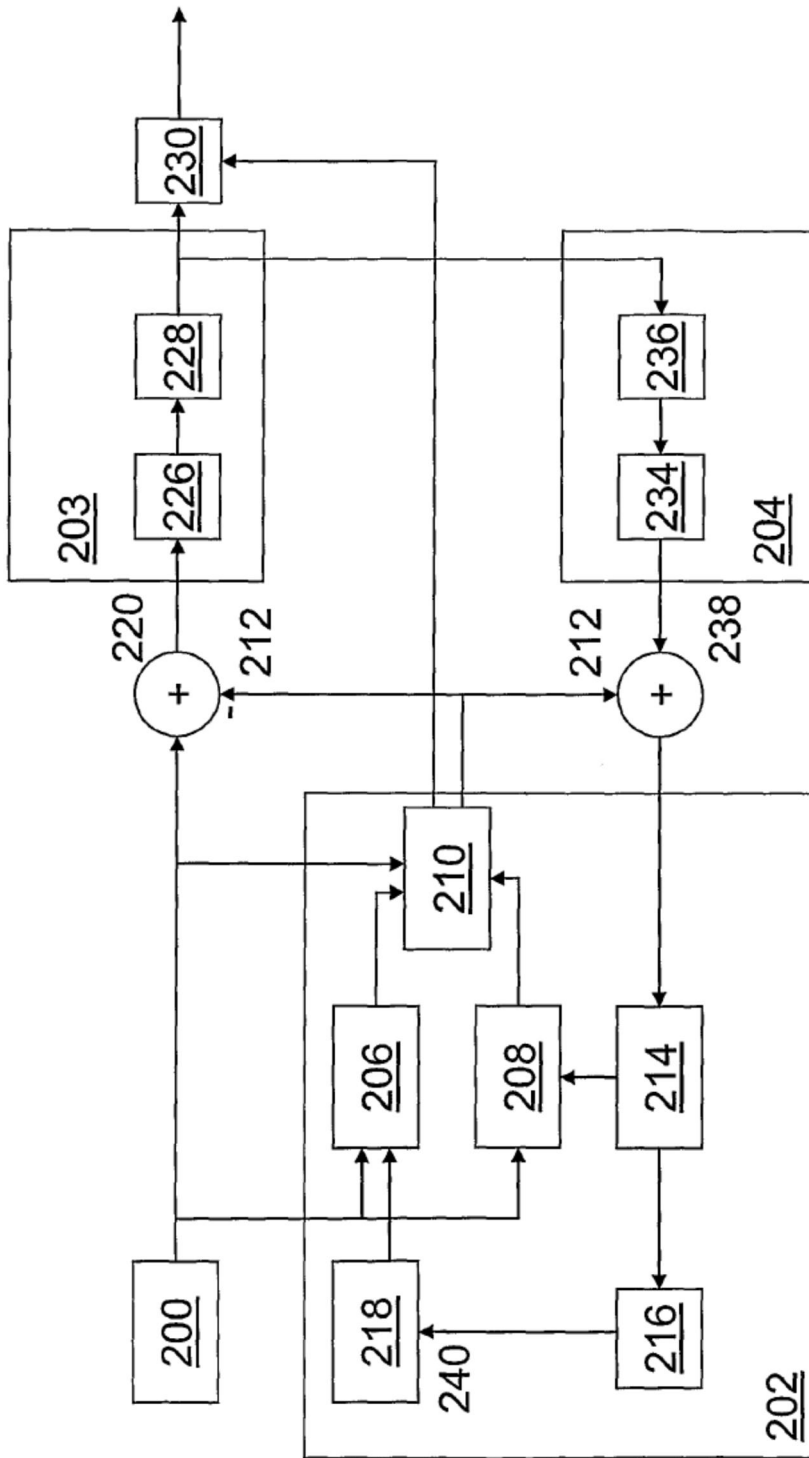


FIG. 2

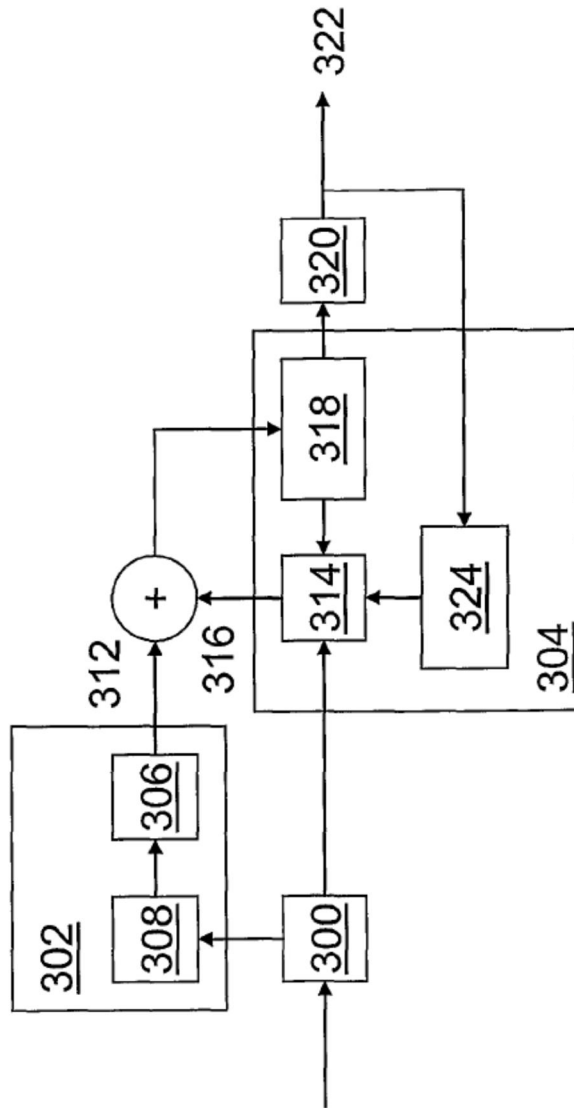


FIG. 3

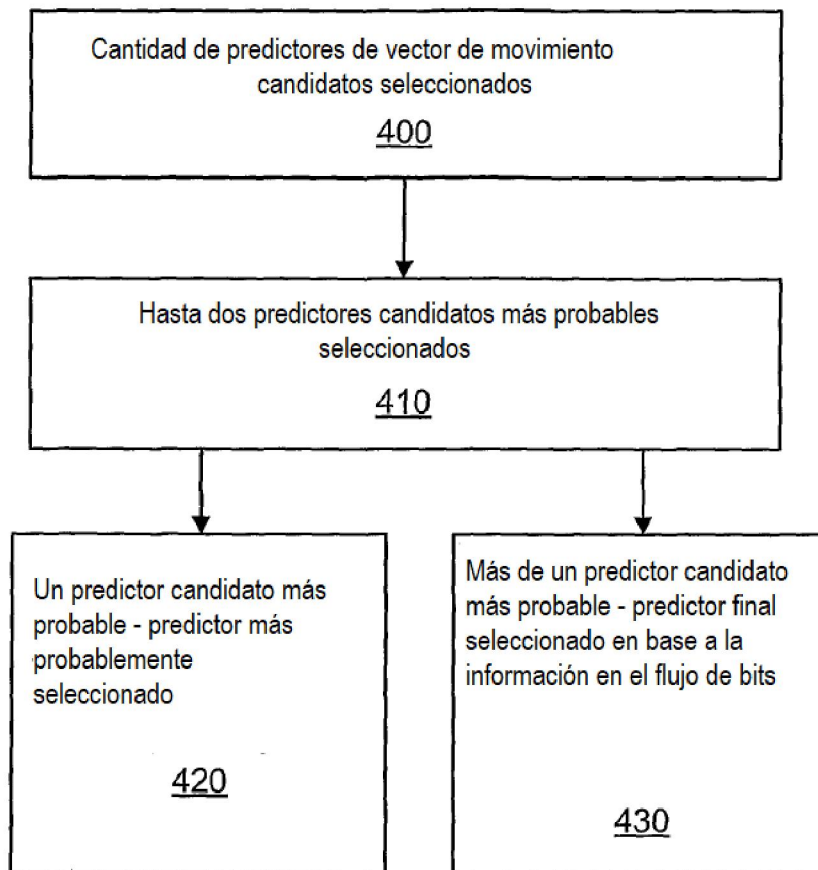


FIG. 4

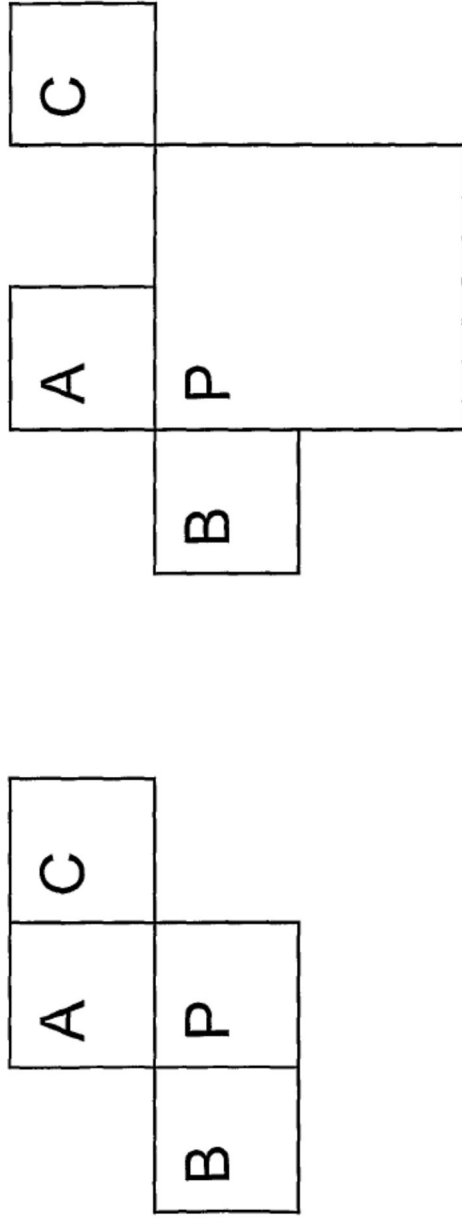


FIG. 5(a)

FIG. 5(b)

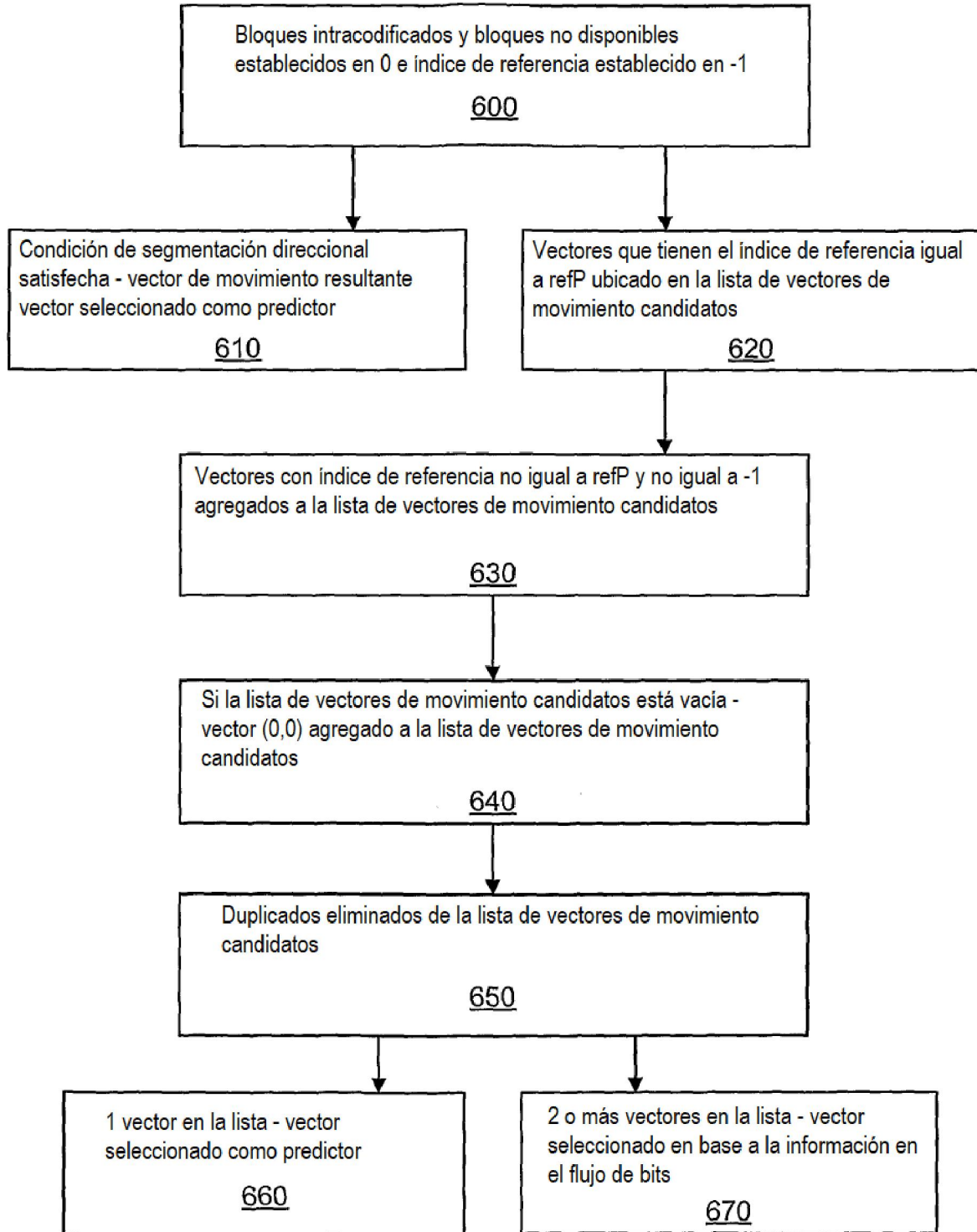


FIG. 6



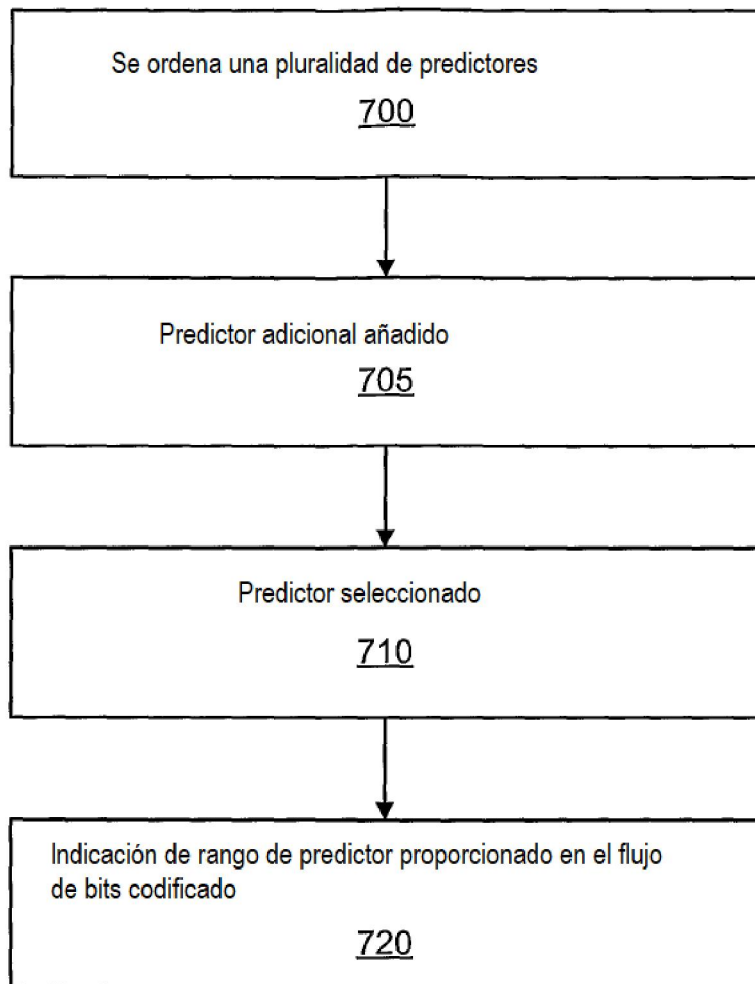


FIG. 7

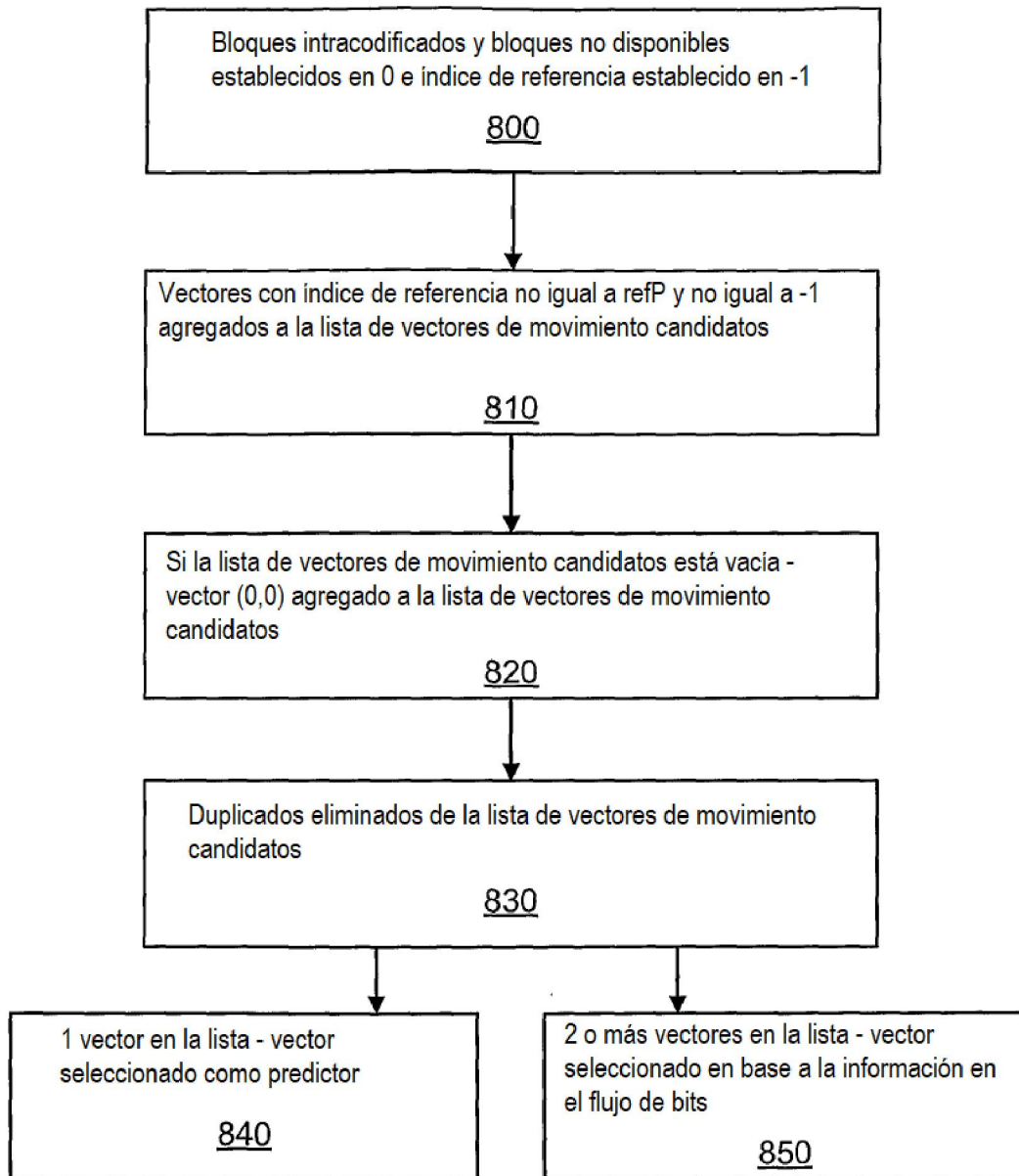


FIG. 8

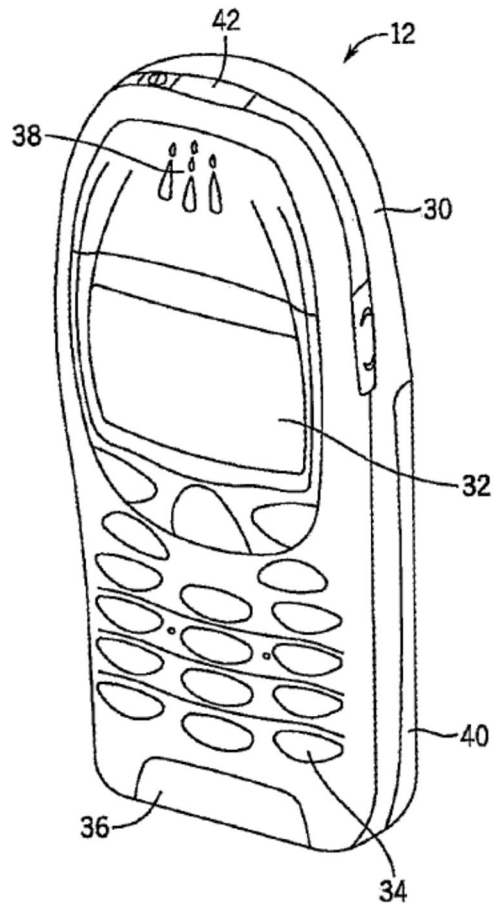


FIG. 9

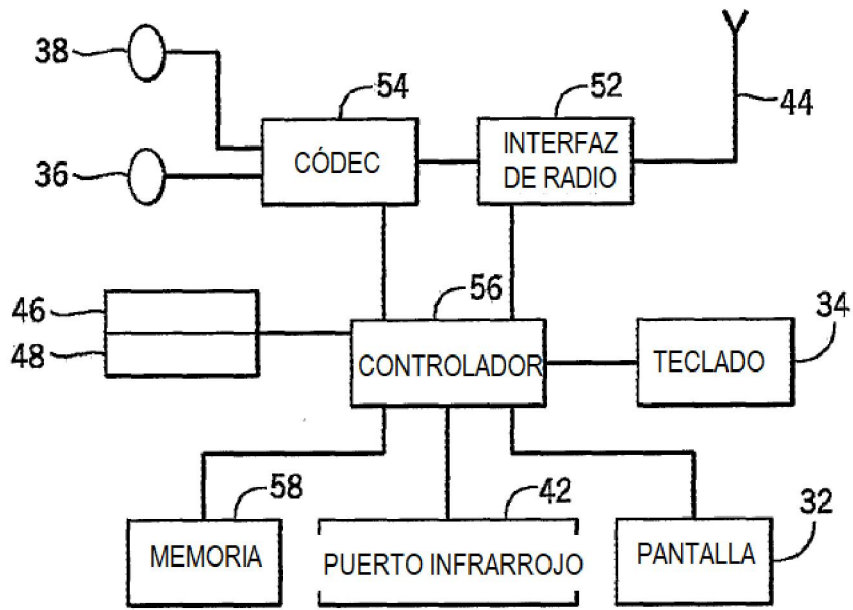


FIG. 10