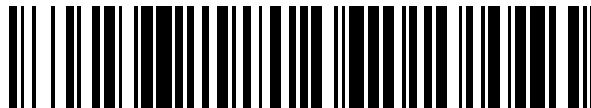


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 417 529**

51 Int. Cl.:

**H04N 7/26** (2006.01)

**H04N 7/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2001 E 05077826 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 1650975**

54 Título: **Aparato y procedimiento de codificación para nodo interpolador de orientación**

30 Prioridad:

**20.10.2000 KR 2000061985**  
**07.07.2001 KR 2001040705**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.08.2013**

73 Titular/es:

**SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (100.0%)**  
**129, Samsung-ro, Yeongtong-gu**  
**Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, KR**

72 Inventor/es:

**KIM, SUNG-JIN;**  
**KIM, DO-KYOON;**  
**JUNG, SEOK-YOON y**  
**WOO, SANG-OAK**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 417 529 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 y procedimiento de codificación para nodo interpolador de orientación.

La presente invención se refiere a una codificación sintética de la imagen y, de manera más particular, a un aparato y a un procedimiento de codificación para un nodo interpolador de orientación.

5 El formato binario para escenas (BIFS) de MPEG-4, que es uno de varios estándares multimedia internacionales, da soporte a una tecnología de representación de animación basada en tramas clave, entre una amplia variedad de tecnologías para representar información de animación, usadas en una imagen sintética. Los datos que forman la animación basada en tramas clave están representados por claves y por valores clave que están expresados en la sintaxis de nodo interpolador en los BIFS de MPEG-4. En los BIFS de MPEG-4, se necesita una gran cantidad de datos de claves y valores de clave para proporcionar una animación tersa de las tramas clave. Una trama clave consiste en una clave y en un valor de clave. Una clave que representa un instante específico en el que se expresa la animación es un número entre  $-\infty$  y  $\infty$ , ambos inclusive. Los valores de clave representan la información sobre el giro de un objeto en una imagen sintética, en un instante indicado en cada clave. La información sobre el giro del objeto en un instante distinto al instante indicado por cada clave se obtiene mediante la interpolación entre los valores de clave correspondientes a dos claves: una indica el instante anterior más cercano y la otra indica el instante siguiente más cercano. En este instante, según el tipo de nodo interpolador, se usan diferentes procedimientos de interpolación.

20 Un procedimiento de interpolación que usa la información sobre la rotación de un objeto expresa el movimiento de rotación con ejes de rotación y un ángulo de rotación. Al igual que un Lenguaje de Modelado de la Realidad Virtual (Virtual Reality Modelling Language, VRML), el BIFS de MPEG-4 da soporte a la información de rotación, que se expresa con ejes de rotación y con un ángulo de rotación, como se ha descrito anteriormente, a través de un nodo interpolador de la orientación. Esto es, usando un procedimiento de expresión del desplazamiento angular para expresar los ejes y el ángulo de rotación, el nodo interpolador de la orientación expresa la información de rotación y proporciona información de rotación como valores de clave. Cuando los datos de valores de clave expresan una animación tersa de acuerdo con una característica de interpolación, la distribución de los valores de diferencia entre conjuntos de valores de clave sucesivos es compacta.

25 Por lo tanto, es eficaz usar un procedimiento de codificación que use valores diferenciales entre los conjuntos de datos. En los BIFS de MPEG-4, se usan dos procedimientos representativos para la codificación de datos de campos que estén representados por una clave y valores de clave de un nodo interpolador de la orientación, y que se vayan a procesar: un procedimiento que no use la Modulación Diferencial de Códigos de Impulsos (DPCM) y un procedimiento que use la DPCM.

30 En primer lugar, en el procedimiento que no usa la DPCM, solamente se realiza la cuantización con respecto a las claves y a los valores de clave de los datos que se vayan a codificar. Por lo tanto, como las únicas características de los datos que se van a codificar no se consideran, el procedimiento es ineficaz. El procedimiento que no usa la DPCM se explicará brevemente a continuación. Se introducen los datos de campos de un nodo interpolador de la orientación y se convierten los valores de clave de los datos de campos en valores de un espacio de cuaterniones. A continuación, se ajusta la precisión de datos de la clave o de los valores de clave, y las claves y los valores de clave son cuantizados. Después, los datos de campos cuantizados se emiten como datos en formato binario. A continuación, con el fin de comprobar el resultado de la cuantización, los datos en formato binario emitidos se restauran como datos de campos mediante la cuantización inversa, y cada valor de cuaternión restaurado es correlacionado con un formato de valor de clave que está formado por ejes de rotación y un ángulo de rotación. A continuación, se guardan los datos de campos restaurados del nodo de orientación y se emiten a una pantalla. También, usando los datos, se mide la distorsión visual de un error de cuantización. La distorsión D se podría medir mediante la siguiente ecuación 1:

$$D = \sqrt{\left(\sum_{i=0}^{i < N} (\varepsilon_i)^2 / N\right)} = \sqrt{\left(\sum_{i=0}^{i < N} (Q_i - \tilde{Q}_i)^2 / N\right)} \quad \dots\dots(1)$$

45 Aquí, N representa el número de datos de campos,  $\varepsilon_i$  representa la diferencia entre un valor ( $Q_i$ ) que se vaya a codificar en el momento actual y un valor restaurado ( $\tilde{Q}_i$ ).

50 A continuación, el procedimiento que usa la DPCM considera la correlación entre conjuntos de datos sucesivos y, por lo tanto, puede mejorar la eficacia de codificación más que el procedimiento que no usa DPCM. Las diferencias entre los dos procedimientos se explicarán a continuación brevemente. En el procedimiento que usa la DPCM, el valor de la diferencia entre los valores de clave restaurados anteriormente y un valor que vaya a ser codificado en el momento actual se calcula antes de la cuantización, y se cuantiza el valor de la diferencia. Al hacerlo así, las características de los datos que aparecieron en esta diferenciación mejoran la eficacia de codificación hasta cierto grado.

55 La FIG. 1 es un diagrama de bloques para explicar el principio general de la DPCM.

Una unidad 100 de DPCM calcula el valor ( $E_i$ ) de diferencia entre un valor ( $Q_i$ ) que vaya a ser codificado en el momento actual y un valor restaurado ( $\tilde{Q}_{i-1}$ ), usando un sumador 102. El valor calculado se cuantiza en un cuantizador 120. El valor cuantizado ( $\hat{E}_i$ ) se envía a un destino y a un cuantizador inverso 140, mediante el cual, el valor cuantizado ( $\hat{E}_i$ ) es cuantizado inversamente ( $\tilde{E}_i$ ).

5 Sin embargo, en un Interpolador de Orientación que interpola entre valores de clave continuos mediante la interpolación lineal esférica, el procedimiento de DPCM mostrado en la FIG. 1 no puede tener una alta eficacia. Esto puede hallarse cuando se analizan en un espacio de cuaterniones los valores de clave que determinan la posición rotacional de un objeto.

10 Un valor ( $q$ ) de clave que determina la posición rotacional de un objeto en un espacio de tres dimensiones se expresa como una combinación de ejes de rotación y de un ángulo de rotación. En las siguientes ecuaciones 2, la ecuación (aa) muestra cómo el Interpolador de Orientación expresa un valor de clave, y la ecuación (bb) es una ecuación para convertir el valor de clave en un cuaternión.

$$(aa) \quad (\vec{r}, \theta) = (n_x, n_y, n_z, \theta) \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$

$$(bb) \quad q = \left( \cos \frac{\theta}{2}, \frac{n_x}{\|n\|} \sin \frac{\theta}{2}, \frac{n_y}{\|n\|} \sin \frac{\theta}{2}, \frac{n_z}{\|n\|} \sin \frac{\theta}{2} \right) \dots\dots\dots(2)$$

15 Como se muestra en la ecuación (bb), si los vectores del eje de rotación y los ángulos de rotación de dos cuaterniones tienen los mismos valores absolutos y signos opuestos en el espacio de cuaterniones, los dos cuaterniones son los mismos. Esto significa que, en el aspecto físico, dos movimientos de rotación son los mismos y los factores que afectan a una transformación de rotación son la dirección del eje de rotación y el ángulo de rotación, y no los vectores del eje de rotación. Por lo tanto, la expresión de cuaterniones que representa la transformación de rotación de un objeto expresa de manera exitosa la dirección del eje de rotación y el ángulo de rotación, que son factores que afectan a la transformación de rotación.

Mientras tanto, el procedimiento de DPCM de la FIG. 1, en el que se usa la ecuación (aa) para calcular los valores de diferenciales temporales entre los valores de clave que indican transformaciones de rotación, considera la diferencia entre los vectores de eje de rotación y, por lo tanto, no muestra correlación de cambios en las direcciones del eje de rotación con respecto a los cambios temporales y se reduce la eficacia en la codificación.

25 El documento de patente estadounidense 4.797.836 revela un procedimiento para orientar y animar imágenes de vídeo usando cuaterniones para proporcionar rotaciones tersas y predecibles en un dispositivo de efectos de vídeo digital.

En un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de codificación para codificar información de rotación según la reivindicación 1.

30 En un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de codificación según la reivindicación 6.

Los objetos y las ventajas anteriores de la presente invención devendrán más evidentes mediante la descripción en detalle de las realizaciones preferidas de la misma, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 la FIG. 1 es un diagrama de bloques para explicar el principio general de la modulación diferencial de códigos de impulsos (DPCM);

las FIGS. 2 a 7 son diagramas para explicar un ejemplo comparativo; y

las FIGS. 8 a 22 son diagramas para explicar una realización preferida de la presente invención.

40 La presente invención se refiere a un aparato y a un procedimiento de codificación que pueden mejorar la eficacia de la transmisión de datos mediante el aumento de la redundancia de valores de clave usando un procedimiento de representación de cuaterniones y las características de datos de un nodo interpolador de la orientación para proporcionar información rotacional de un objeto. También se proporciona un procedimiento de medición de errores que puede medir de manera objetiva el grado de distorsión visual provocado por un error que ocurre en la compresión de los datos.

45 La FIG. 2 es un diagrama esquemático de bloques de un aparato de codificación de un nodo interpolador de la orientación de acuerdo con un ejemplo comparativo.

El aparato de codificación incluye una unidad de entrada de datos de campo de un nodo 200 interpolador de la orientación, una unidad de procesamiento de DPCM adaptable para los datos de campo, una unidad 220 de

cuantización, una unidad 230 de salida de datos de campo binarios comprimidos y, de manera adicional, una unidad 225 de codificación de la entropía. Aquí, la unidad de procesamiento de DPCM adaptable incluye una unidad 205 de conversión de cuaterniones, una unidad 210 de DPCM y una unidad 215 de conversión diferencial de rotación. El aparato de codificación incluye también una unidad de descodificación para comprobar el resultado de la restauración de los datos de salida en una pantalla y medir el grado de distorsión visual debida a un error de cuantización. La unidad de descodificación incluye una unidad 235 de descodificación de la entropía, una unidad 240 de cuantización inversa, una unidad 245 de DPCM inversa, una unidad 250 de conversión diferencial de rotación inversa, una unidad 255 de conversión inversa de cuaterniones, una unidad de salida de datos de campo de un nodo 260 interpolador de la orientación restaurado y una unidad 265 de medición de la distorsión.

5 La FIG. 5 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento de codificación de un nodo interpolador de la orientación. Con referencia a las FIGS. 2 y 5, se explicará a continuación el funcionamiento del aparato de codificación.

En primer lugar, los datos de campo de un nodo interpolador de la orientación que se vayan a codificar se introducen en la etapa 500. De manera más específica, la unidad 200 de entrada de datos de campo analiza sintácticamente un nodo interpolador de la orientación en los datos del VRML de entrada y extrae los datos de campo que se forman con una clave y valores de clave. La clave indica la información acerca de una posición sobre un eje de tiempos en el que ocurre un cambio de un movimiento rotacional y de traslación. Los valores de clave indican la información rotacional correspondiente a la información de la posición.

A continuación, los datos de valores de clave se convierten en un espacio de cuaterniones, y después se procesan por DPCM adaptable (ADPCM), de acuerdo a una ecuación de conversión de rotación diferencial, y los datos de clave son procesados por DPCM en la etapa 510. De manera más específica, se elimina la redundancia entre datos relativos a los datos de valores de clave ( $KV_i, 0 \leq i \leq N-1$ ) que se extraen en la unidad 200 de entrada de datos de campo, y se ajusta la precisión de la representación de los datos. En particular, en la presente invención, los datos de valores de clave se envían a la unidad 205 de conversión en cuaterniones antes del procesamiento por ADPCM. La unidad 205 de conversión en cuaterniones convierte los datos de valores de clave, esto es, la información rotacional, en un espacio de cuaterniones representado por un número real (un ángulo de rotación) y tres números imaginarios (ejes de rotación). A continuación, la unidad 215 de conversión diferencial de rotación calcula un diferencial de rotación entre el valor de clave actual y la entrada del valor de clave previo proveniente de la unidad 205 de conversión de cuaterniones.

En la DPCM de la técnica anterior de los datos de valores de clave, al calcular una distancia de movimiento de rotación desde una posición actual p de un objeto hasta una posición q del objeto después de un movimiento de rotación, el valor de la distancia del movimiento de rotación se define mediante el valor de la diferencia entre cada elemento formado de ejes de rotación y un ángulo de rotación. Cuando se considera solamente el valor de la diferencia, la redundancia de los datos que se van a codificar se reduce, y no se pueden expresar las características físicas del movimiento del objeto. Por lo tanto, es difícil medir los efectos visuales de un error de codificación. Además, desde el aspecto de la restauración de los datos, con el fin de expresar el elemento entre todos los datos de valores de clave que tengan el valor más grande, se transmiten adicionalmente dos bits de información desde un aparato de codificación a un aparato de descodificación, como se muestra en la FIG. 7a.

Por lo tanto, en la presente invención, con el fin de codificar una distancia de movimiento rotacional entre valores de claves de nodos interpoladores de la orientación, se implementa un procedimiento de procesamiento que es diferente a la DPCM de la técnica anterior, a través de la unidad 215 de conversión diferencial de rotación. En base al hecho de que la rotación de un objeto en un espacio de cuaterniones se describe mediante una combinación de ejes de rotación y un ángulo de rotación, se construye la unidad 215 de conversión diferencial de rotación, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3, de forma que la distancia de movimiento rotacional con respecto a un trayecto del movimiento rotacional real también pueda estar definida por medio de una matriz de conversión diferencial de rotación, usando los ejes de rotación y un ángulo de rotación.

A continuación, se explicará el principio de la matriz de conversión diferencial de rotación usada en la unidad 215 de conversión diferencial de rotación.

Suponiendo que  $\vec{x}$  denota el vector de posición actual de un objeto,  $(\vec{n}_{i-1}, \theta_{i-1})$  denota los valores de clave (valor\_de\_clave) cuando una clave satisface que clave =  $k_{i-1}$ , e  $\vec{y}_{i-1}$  denota un vector de desplazamiento de  $\vec{x}$  en el movimiento rotacional del objeto, una ecuación de movimiento rotacional en un espacio de cuaterniones se expresa como en la siguiente ecuación 3:

$$Y_{i-1} = Q_{i-1} * X * Q_{i-1}^* \dots\dots(3)$$

55 Donde X,  $Y_{i-1}$  y  $Q_{i-1}$  son expresiones de cuaterniones de  $\vec{x}$ ,  $\vec{y}$  y  $(\vec{n}_{i-1}, \theta_{i-1})$  respectivamente.

De la misma manera, cuando clave =  $k_i$ , la ecuación del movimiento rotacional en un espacio de cuaterniones se expresa como en la siguiente ecuación 4:

$$Y_i = Q_i * X * Q_i^*, \dots\dots(4)$$

A partir de las ecuaciones 3 y 4, se obtiene una ecuación matricial para obtener un valor de rotación diferencial como la siguiente ecuación 5:

$$Y_i = Q_i * X * Q_i^* = Q_i * Q_{i-1} * Y_{i-1} * Q_{i-1}^* * Q_i = Q_i^* * Y_{i-1} * Q_i, \dots\dots(5)$$

5 Por lo tanto, una ecuación matricial de conversión diferencial de rotación de cuaterniones que represente una rotación diferencial se define como la siguiente ecuación 6:

$$Q_i^* = Q_i * Q_{i-1}^* \dots\dots(6)$$

10 Con referencia a la FIG. 3, en base a estas ecuaciones, la unidad 215 de conversión diferencial de rotación incluye una unidad 300 generadora de matrices conversoras diferenciales de rotación, una unidad 320 de ajuste de elementos, una unidad 335 de acumulación y una unidad 340 de retardo. La unidad 300 de generación de matrices de conversión diferencial de rotación recibe datos de valores de clave que se convierten en un espacio de cuaterniones y que van a ser codificados en el momento actual, y define una matriz de conversión diferencial de rotación que va a ser codificada en el momento actual según la ecuación 6. La unidad 320 de ajuste de elementos redefine la matriz de conversión diferencial de rotación que se va a codificar en el momento actual, de forma que se satisfaga una condición de que, en la matriz de conversión diferencial de rotación (esto es, los ángulos de rotación y los ejes de rotación), que está formada por cuatro elementos (v[0], v[1], v[2], v[4]), el valor de un primer elemento (v[0] = cos θ/2. Aquí θ denota un ángulo de rotación), siempre es mayor que cualquier valor de los tres restantes elementos. En respuesta a la salida de la unidad 215 de conversión diferencial de rotación, la unidad 340 de retardo almacena las matrices conversoras de diferencial de rotación que se están restaurando en el momento actual y proporciona matrices de conversión diferencial de rotación que fueron restauradas anteriormente. La unidad 335 de acumulación acumula las matrices de conversión diferencial de rotación restauradas antes, mediante la recepción secuencial de las anteriores matrices de conversión diferencial de rotación, provenientes de la unidad 340 de retardo, y emite el resultado a la unidad 300 de generación de matrices de conversión diferencial de rotación.

15 La unidad 320 de ajuste de elementos usa el principio mostrado en la figura 4 de forma que se satisfaga una condición de que, entre cuatro elementos (v[0], v[1], v[2], v[3]) que forman la información de rotación, el valor del primer elemento sea siempre mayor que cualquier valor de los restantes tres elementos. Esto es, cuando un objeto se mueve desde una posición A a una posición B y gira Ω grados en la FIG. 4, si el primer elemento entre los elementos de una matriz de conversión diferencial de rotación de este movimiento rotacional no satisface la condición anteriormente mencionada, se usa un procedimiento de redefinición de una matriz de conversión diferencial de rotación. En este procedimiento de redefinición, una posición P (A < P < B, 0 < θ < Ω), que se obtiene cuando el objeto gira θ grados a lo largo del trayecto más corto de movimiento, se define de manera arbitraria, de forma que se satisfaga la condición anteriormente mencionada.

20 Aquí se usa un procedimiento de comparación de magnitudes de diferencias de dos cuaterniones como un procedimiento para seleccionar un trayecto de movimiento más corto que se produce en un movimiento rotacional y de traslación del objeto. Por ejemplo, la información de movimiento rotacional sobre dos arcos a través de los cuales el cuaternión A de una posición de comienzo se mueve y gira al cuaternión B de la posición después de que un movimiento rotacional incluye el cuaternión B y el cuaternión -B. En este momento, un cuaternión que produzca el valor más pequeño entre la magnitud de la diferencia desde el cuaternión A al cuaternión B y la magnitud de la diferencia desde el cuaternión A al cuaternión -B se selecciona como uno (en el ejemplo, B) que tenga el trayecto más corto de movimiento. Por lo tanto, una matriz conversora diferencial de rotación que satisfaga este trayecto más corto de movimiento satisface las siguientes ecuaciones 7:

$$|A| = |B| = |P| = 1$$

$$A \cdot B = \cos \Omega$$

$$P = A \frac{\text{sen}(\Omega - \theta)}{\text{sen} \Omega} + B \frac{\text{sen} \theta}{\text{sen} \Omega} \dots\dots(7)$$

Además, si la posición del punto P se define como una posición que está en la mitad de las posiciones A y B (θ = Ω/2), una matriz de conversión diferencial de rotación también satisface la siguiente ecuación 8:

$$P = \frac{A + B}{2 \cos \frac{\Omega}{2}} \dots\dots(8)$$

Por lo tanto, si la primera componente ( $q_0$ ) del cuaternión  $Q$  ( $q_0, q_1, q_2, q_3$ ), que es introducida desde la unidad 300 de generación de matrices de conversión diferencial de rotación a un estado 305 en la unidad 320 de ajuste de elementos, no es la más grande de entre las cuatro componentes, una unidad 310 de generación de valores de clave define nuevos valores de clave a partir del valor de clave previo y del valor de clave actual, esto es, la información de rotación, de forma que el primer elemento satisfaga la condición 305 de acuerdo con la ecuación 8. En este momento, la información de rotación recientemente definida es almacenada en una memoria intermedia 315 de tramas, y al mismo tiempo se emite a la unidad 300 generadora de matrices de conversión diferencial de rotación. La memoria intermedia 315 de tramas almacena los datos de valores de clave que se vayan a codificar en el momento actual. La memoria intermedia 315 de tramas almacena de manera secuencial datos de valores de clave generados en la unidad 310 de generación de valores de clave y proporciona información de rotación actual y anterior. Además, la memoria intermedia 315 de tramas proporciona  $\theta, \Omega$  y un índice de valor de clave correspondiente a la unidad 210 de DPCM, con el fin de generar una clave de acuerdo con la generación de valores de clave por  $\theta$ . La siguiente ecuación 9 describe la generación de claves en la unidad 210 de DPCM:

$$K_i = K_{i-1} + (K_i - K_{i-1}) * \frac{\theta}{\Omega} \dots\dots(9)$$

Los datos de claves ( $K_i, 0 \leq i \leq N-1$ ) que se extraen en la unidad 200 de entrada de datos de campo se introducen en la unidad 210 de DPCM. La unidad 210 de DPCM genera una nueva clave también mediante la unidad 215 de conversión diferencial de rotación. La unidad 210 de DPCM emite los primeros datos de clave ( $K_0$ ) sin cambio, y emite los restantes datos de clave calculando el valor de diferencia ( $KD_i$ ) entre la clave ( $K_{i-1}$ ) que fue previamente restaurada y la clave ( $K_i$ ) que se va a codificar en el momento actual. La unidad 210 de DPCM elimina la redundancia entre datos y ajusta la precisión de la representación de datos de forma que se realice un proceso de compresión real.

Como se ha descrito anteriormente, mediante el ajuste de un valor de un primer elemento de un cuaternión, en la unidad 320 de ajuste de elementos, de forma que el valor de primer elemento tenga el valor máximo, una información adicional de dos bits, esto es, información que indique qué elemento es el máximo entre los cuatro elementos, de solamente los valores de clave iniciales, se transmite al aparato de descodificación. En la técnica anterior, la información adicional de dos bits sobre todos los valores de clave se transmite al aparato de descodificación. Por lo tanto, la sintaxis de la técnica primera mostrada en la FIG. 7a se puede cambiar por una sintaxis mejorada de acuerdo con la presente invención, mostrada en la FIG. 7b. En consecuencia, cuando se codifiquen efectivamente  $N$  datos de valor de clave, se generan  $2(N-1)$  bits menos en la presente invención, en comparación con la técnica anterior, debido a la información adicional que se transmite en la técnica anterior.

Con referencia de nuevo a la FIG. 5, tras la etapa 510, la clave y los datos de los valores de clave que son procesados por ADPCM son cuantizados en la etapa 520. Con el fin de eliminar la redundancia de bits en los valores cuantizados, la clave cuantizada y los datos de valores de clave cuantizados son codificados aritméticamente y emitidos como datos de flujo en formato binario en la etapa 530.

Un factor importante en la reducción de manera efectiva de la cantidad de datos que realmente vayan a ser codificados es la eliminación de la redundancia de bits. Esto es, los bits cuantizados tienen redundancia y los procedimientos conocidos para eliminar esta redundancia incluyen un procedimiento de Codificación de Longitud Variable (VLC) y un procedimiento de codificación de Huffman que usan un patrón de símbolos. En la presente invención, se usa un procedimiento de codificación aritmética en el que se elimina la redundancia de bits por medio del cálculo de la frecuencia de la generación de símbolos usando probabilidades condicionales. La unidad 225 de codificación de la entropía de la FIG. 2 realiza este procedimiento y la unidad 230 de salida de datos de campos binarios para emitir los datos de campos binarios comprimidos emite los datos codificados como datos de flujo en formato binario.

Aquí, la determinación de la estructura de los datos del flujo con respecto a los tipos y a las funciones de los servicios de flujo es considerada en esta etapa de formación del flujo. Las FIGS. 6a y 6b muestran dos tipos de estructuras de datos de flujo. La FIG. 6a muestra una estructura de datos que es proporcionada cuando la característica en tiempo real de los servicios no es considerada y tiene la forma más simple. En esta estructura, el retardo ocurre durante el mismo periodo de tiempo que el periodo de tiempo en el que se restauran los datos de clave. En comparación con la estructura de la FIG. 6b, la estructura de la FIG. 6a tiene un coste de procesamiento mayor del aparato de codificación y un coste de procesamiento menor del aparato de descodificación. La estructura de la FIG. 6b proporciona la característica en tiempo real y funcionalidad adicional de los servicios de datos. En esta estructura, inmediatamente tras la restauración de una clave y de los correspondientes valores de clave, se habilita la visualización. Además, una función adicional es la resistencia al error. Esto es, aunque los datos actuales tienen una pérdida, la pérdida se puede recuperar hasta cierto grado con los datos anteriores y con los siguientes datos que se vayan a restaurar. Para proporcionar las estructuras de datos mostradas en las FIGS. 6a y 6b, los datos que se vayan a codificar se codifican en el orden de  $200 \rightarrow 205 \rightarrow 215 \rightarrow 210 \rightarrow 220 \rightarrow 225$  de la FIG. 2. En la etapa

225, se realiza una codificación aritmética en las claves y en los valores de clave. Según la estructura de datos de las FIGS. 6a y 6b, el orden de las claves y de los valores de clave que van a ser codificados es diferente.

Con referencia de nuevo a la FIG. 5, tras la etapa 530, los datos de salida codificados son restaurados en el proceso inverso al proceso de codificación descrito anteriormente. Con respecto al resultado de la restauración, en la etapa 540 se mide la distorsión visual para evaluar las prestaciones del aparato de codificación. Cuando se restauran los datos de salida codificados, la unidad 265 de medición de la distorsión mide la distorsión de la calidad visual con respecto a un valor diferencial de rotación, comparándolo con la información original antes de la codificación. Para esto, la unidad de descodificación está formada por los elementos 235 a 260 de la FIG. 2 y el proceso que se realiza en la unidad de descodificación es el proceso inverso al proceso de codificación.

El rendimiento del aparato de codificación se mide por medio de un valor característico, esto es, la distorsión de la calidad visual con respecto a una disminución en la cantidad de datos. En los procedimientos de codificación de la técnica anterior, para medir las prestaciones de un aparato de codificación, se usa un valor característico, por ejemplo, usando la ecuación 1. Sin embargo, en este procedimiento, se calcula un error de cuantización para cada elemento para la rotación, de forma que las características de un espacio de cuaterniones no se pueden mostrar y no se puede expresar de manera objetiva el grado de la distorsión visual de un movimiento de rotación real. Por lo tanto, el aparato de codificación según la presente invención incluye de manera adicional una unidad 265 mejorada de medición de la distorsión, que satisface las características de un espacio de cuaterniones y que es capaz de medir de manera objetiva la distorsión visual con respecto a la cuantización. La unidad 265 de medición de la distorsión mide los errores de cuantización, considerando todos los puntos sobre la superficie de un objeto como todos los puntos sobre una superficie esférica unitaria. El principio básico de la medición se explicará a continuación.

Un error de codificación se define como un valor de diferencia de dos transformaciones rotacionales. Esto es, suponiendo que  $(\vec{r}, \theta)$  denota valores de clave de un nodo interpolador de la orientación y que  $(\vec{r}', \theta')$  denota valores de clave obtenidos mediante la restauración de valores de clave a través de la unidad de descodificación ( $\vec{r}$  denota un eje de rotación,  $\theta$  denota un ángulo de rotación, y el ángulo de rotación satisface  $\theta \in [-\pi, \pi]$ ),  $\vec{x}$  es un

vector de posición arbitrario sobre una superficie esférica unitaria y satisface  $S = \{\vec{x} \mid \|\vec{x}\| = 1\}$ . Cuando se realiza una transformación rotacional desde  $\vec{x}$  a  $\vec{y}$  e  $\vec{y}'$  mediante  $(\vec{r}, \theta)$  y  $(\vec{r}', \theta')$ , se calcula un error de cuantización que aparece como la diferencia entre  $\vec{y}$  e  $\vec{y}'$ . Un vector de errores de cuantización  $\vec{e}(\vec{x})$  satisface  $\vec{e}(\vec{x}) = \vec{y} - \vec{y}'$ . Cuando los vectores de errores de cuantización  $\vec{e}(\vec{x})$  de todos los puntos sobre una superficie esférica unitaria se calculan usando esta ecuación, se calculan las RMS ( $D_m$ ) para toda la superficie esférica y se calcula un error máximo ( $D_p$ ) por medio de las siguientes ecuaciones 10:

$$\begin{cases} D_m \equiv \sqrt{E_{\vec{x} \in S} [\|\vec{e}(\vec{x})\|^2]} \\ D_p \equiv \max_{\vec{x} \in S} \sqrt{\|\vec{e}(\vec{x})\|^2} \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

Mientras tanto, la relación entre  $\vec{y}$  e  $\vec{y}'$  se puede expresar en una ecuación de transformación rotacional como la siguiente ecuación 11:

$$\vec{y}' = T_{\vec{r}', \theta'}(\vec{y}) \dots\dots\dots (11)$$

Un vector de errores de cuantización obtenido de estas ecuaciones se define como las siguientes ecuaciones 12:

$$\|\vec{e}(\vec{x})\| = 2 \cos \phi \sin \frac{\theta''}{2}$$

donde  $\vec{x} = (1, \phi, \varphi)$ ,  $\phi$  ángulo acimutal,  $\phi \in [-\pi, \pi]$ ,

$\varphi$  = ángulo de longitud,  $\varphi \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$  ..... (12)

La RMS ( $D_m$ ) y un error máximo ( $D_p$ ), que se han obtenido recientemente según las ecuaciones 10 y 12, se definen como la siguiente ecuación 13:

$$\begin{aligned}
 D_m &= \sqrt{\frac{1}{4\pi} \int_S \|\vec{e}(\vec{x})\|^2 ds} = \sqrt{\frac{1}{4\pi} \int_{\varphi=-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{\varphi=-\pi}^{\pi} (2 \cos \varphi \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2})^2 \cos \varphi d\varphi d\varphi} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{4\pi} 8\pi \operatorname{sen}^2 \frac{|\theta''|}{2} \int_{\varphi=-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi d\varphi} \\
 &= \sqrt{2 \operatorname{sen}^2 \frac{|\theta''|}{2} \int_{\varphi=-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi d\varphi} = \sqrt{2} \operatorname{sen}^2 \frac{|\theta''|}{2} \sqrt{\int_{\varphi=-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi d\varphi} \\
 &= \sqrt{2} \operatorname{sen}^2 \frac{|\theta''|}{2} \sqrt{\left[ \frac{2 + \cos^2 \varphi}{3} \operatorname{sen} \varphi \right]_{\varphi=-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}} \\
 &= \sqrt{2} \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2} \sqrt{\frac{2}{3} - \frac{2}{3}(-1)} = \sqrt{2} \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2} \sqrt{\frac{4}{3}} = \sqrt{\frac{8}{3}} \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2} \\
 \left\{ \begin{aligned} D_m &= \sqrt{\frac{8}{3}} \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2} \quad (\text{cf. error medio} = \frac{\pi}{2} \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2}) \\ D_p &= 2 \operatorname{sen} \frac{|\theta''|}{2} \end{aligned} \right. \dots\dots\dots(13)
 \end{aligned}$$

Mientras tanto,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$  están definidos en un espacio de cuaterniones como:

$$\begin{cases} X = (0, \bar{x}) \\ Y = (0, \bar{y}) \\ Y' = (0, \bar{y}') \end{cases}$$

5 Si  $(\vec{r}, \theta)$  y  $(\vec{r}', \theta')$ , que representan una transformación rotacional, son expresados en un espacio de cuaterniones y se hace referencia a ellos como Q y Q', respectivamente, se pueden obtener las ecuaciones  $Y = Q * X * Q$  y  $X = Q' * Y * Q$ . Aquí, A\*B indica una multiplicación de cuaterniones y A' denota el conjugado de A. A partir de estas ecuaciones, se obtienen la siguiente ecuación:

$$Y' = Q' * X * Q' = Q' * Q' * Y * Q * Q' = Q'' * Y * Q''$$

Q'' denota la operación de transformación de rotación entre  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$ , y se define según la siguiente ecuación 14:

10 
$$Q'' = Q' * Q^* \quad \dots\dots\dots (14)$$

Por lo tanto, usando las ecuaciones 13 y 14, el RMS ( $D_m$ ) de un error de cuantización para toda la superficie esférica unitaria y el error máximo ( $D_p$ ) se definen según las siguientes ecuaciones 15 o ecuaciones 16:

$$\theta'' = 2 \cos^{-1} q_0'' = 2 \cos^{-1}(Q' \bullet Q), \theta'' \in [0, \pi], q_0'' = Q' \bullet Q,$$

(• indica operación de producto interno)



$$\begin{cases} D_m = \sqrt{\frac{8}{3}} \sin \frac{|\theta''|}{2} = \sqrt{\frac{8}{3}} \sin \{\cos^{-1}(\mathcal{Q}' \cdot \mathcal{Q})\} \\ D_p = 2 \sin \frac{|\theta''|}{2} = 2 \sin \{\cos^{-1}(\mathcal{Q}' \cdot \mathcal{Q})\} \end{cases} \dots\dots\dots(15)$$

$$\begin{cases} D_m = \sqrt{\frac{8\{1 - (\mathcal{Q}' \cdot \mathcal{Q})^2\}}{3}} \\ D_p = \sqrt{4\{1 - (\mathcal{Q}' \cdot \mathcal{Q})^2\}} \end{cases} \dots\dots\dots(16)$$

Las ecuaciones 15 y 16 reflejan las características físicas del movimiento rotacional y de traslación de un objeto en un espacio de cuaterniones y, por lo tanto, son valores más precisos que los de la ecuación 1. Por lo tanto, en la presente invención, la unidad 265 de medición de la distorsión está formada para usar las ecuaciones 15 o 16. En consecuencia, la presente invención se caracteriza porque puede medir el grado de la distorsión visual debido a un error de cuantización de una manera más objetiva y más precisa que en los procedimientos de la técnica anterior.

La FIG. 8 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato de codificación para un nodo interpolador de la orientación según una segunda realización preferida de la presente invención.

Con referencia a la FIG. 8, el aparato de codificación básicamente incluye una unidad de entrada de datos de campo de un nodo 800 interpolador de la orientación, una unidad de procesamiento de datos de campo, una unidad 805 de cuantización, una unidad diferencial lineal 807 y una unidad 810 de salida de datos de campo binarios comprimidos, e incluye de manera adicional una unidad 809 de codificación de la entropía. La unidad de procesamiento de datos de campo incluye una unidad 801 de conversión de cuaterniones, una unidad 802 de eliminación de tramas de clave y una unidad 803 diferencial lineal / rotacional y, de manera adicional, incluye una unidad 806 de cuantización inversa, una unidad 819 de retardo y una unidad 804 de integración lineal / rotacional.

La unidad 801 de conversión de cuaterniones convierte los valores de clave en valores de cuaterniones. Usando la similitud en la transformación de rotación con respecto a cambios continuos en el tiempo, la unidad 802 de eliminación de tramas de clave elimina tramas de clave y claves, respectivamente, de los valores de cuaterniones provenientes de la unidad 801 de conversión de cuaterniones y claves provenientes de la unidad de entrada de datos de campo de un nodo 800 interpolador de la orientación, dentro de un límite de error admisible, y emite después las tramas de clave y las claves seleccionadas. La unidad 803 diferencial lineal recibe las tramas de clave y las claves seleccionadas y obtiene diferenciales rotacionales entre diferentes valores entre claves y valores de cuaterniones. La unidad 805 de cuantización cuantiza los valores convertidos por la unidad 803 diferencial lineal / rotacional. La unidad 807 diferencial lineal / rotacional obtiene diferenciales lineales de valores de cuaterniones cuantizados. La unidad 809 de codificación de entropía elimina la redundancia de bits. Mientras tanto, el aparato de codificación incluye adicionalmente la unidad 806 de cuantización inversa, para recibir la salida proveniente de la unidad 805 de cuantización y cuantizar inversamente la salida, la unidad 819 de retardo para retardar la salida de la unidad 806 de cuantización inversa, y la unidad 804 de integración lineal / rotacional para la rotación – integración (o acumulación) de la salida de la unidad 819 de retardo, y para suministrar el resultado a la unidad 803 diferencial lineal / rotacional.

Además, con el fin de confirmar el resultado restaurado de los datos de salida en la pantalla y para medir el grado de distorsión visual debido a un error de cuantización, el aparato de codificación incluye de manera adicional una unidad de descodificación para realizar de manera inversa el procedimiento de codificación de la unidad de procesamiento de datos de campo, menos la función de la unidad 802 de eliminación de tramas de clave. La unidad de descodificación incluye una unidad 811 de descodificación de entropía, una unidad 813 de integración lineal, una unidad 821 de retardo, una unidad 814 de cuantización inversa, una unidad 815 de integración lineal / rotacional, una unidad 822 de retardo, una unidad 816 conversora de cuaterniones, una unidad de salida de datos de campo de un nodo 817 interpolador de la orientación y una unidad 818 de medición de la distorsión.

La unidad 818 de medición de la distorsión mide el grado de distorsión de la calidad visual de la imagen con respecto a una disminución en la cantidad de datos. Según la realización preferida de la presente invención, la unidad 818 de medición de la distorsión mide de manera más objetiva y más precisa el grado de distorsión de la calidad visual de la imagen debido a la cuantización, reflejando las características de la transformación de rotación. A continuación se explicará el principio básico de la medición. Un error de cuantización se define como un ángulo de rotación diferencial en una transformación de rotación diferencial de la transformación de rotación original y la transformación de rotación restaurada. Esto es, suponiendo que  $(\vec{r}, \theta)$  denota un valor de clave de un nodo interpolador de la orientación y que  $(\vec{r}', \theta')$  denota un valor de clave obtenido mediante la restauración del valor de clave a través de la unidad de descodificación ( $\vec{r}$  denota un eje de rotación,  $\theta$  denota un ángulo de rotación, y el ángulo de rotación satisface  $\theta \in [-\pi, \pi]$ ), cuando se realiza una transformación de rotación desde una posición

arbitraria  $\bar{x}$  a  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$  sobre un espacio tridimensional por medio de  $(\bar{r}, \theta)$  y  $(\bar{r}', \theta')$ , se calcula un error de cuantización  $\bar{e}(\bar{x})$  que aparece, como la diferencia entre  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$ , es decir,  $\bar{e}(\bar{x}) = \bar{y} - \bar{y}'$ . En expresión de cuaterniones,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$  se definen según las siguientes ecuaciones 17:

$$\begin{cases} X = (0, \bar{x}) \\ Y = (0, \bar{y}) \\ Y' = (0, \bar{y}') \end{cases} \dots\dots\dots(17)$$

5 Si  $(\bar{r}, \theta)$  y  $(\bar{r}', \theta')$ , que representan una transformación de rotación, son expresados en un espacio de cuaterniones y se hace referencia a los mismos como Q y Q', respectivamente, se obtienen las siguientes ecuaciones 18:

$$\begin{aligned} Y &= Q * X * Q^* \\ X &= Q^* * Y * Q \dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

10 En las que A\*B indica la multiplicación de cuaterniones y A<sup>\*</sup> denota al conjugado de A. Por lo tanto, se obtiene la siguiente ecuación 19:

$$Y' = Q' * X * Q'^* = Q' * Q^* * Y * Q * Q'^* = Q'' * Y * Q''^* \dots\dots\dots(19)$$

Aquí, Q'' denota la información de la transformación de rotación entre  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$ , y se define como la siguiente ecuación 20:

$$Q'' = Q' * Q^* \dots\dots\dots(20)$$

15 Por lo tanto, si  $\theta''$  denota un ángulo de rotación diferencial entre  $\bar{y}$  e  $\bar{y}'$ ,  $\theta''$  se puede obtener usando la ecuación de conversión de cuaterniones y la ecuación 20, según lo siguiente:

$$\theta'' = 2 \cos^{-1} q_0'' = 2 \cos^{-1} (Q' \bullet Q), \theta'' \in [0, \pi], q_0'' = Q' \bullet Q, \dots\dots\dots(21)$$

(• indica la operación de producto interno).

20 La ecuación 21 indica un error de cuantización instantáneo que ocurre en un instante predeterminado entre todas las tramas de clave de animación. Con el fin de obtener una ecuación para obtener un error de cuantización de todos los intervalos de animación, la ecuación 21 se puede expresar por medio de un error de cuantización instantáneo en un instante predeterminado t, según la siguiente ecuación 22:

$$e(t) = 2 \arccos \{Q(t) \bullet Q'(t)\} \dots\dots\dots(22)$$

25 Si la ecuación 20 se aplica a todos los intervalos de tramas de clave que realizan la animación mediante el procedimiento de interpolación de la orientación, se pueden obtener el error promedio  $E_m$  y el error máximo  $E_p$  para todos los intervalos  $[t_0, t_i]$ , como las siguientes ecuaciones 23:

$$\begin{cases} E_m = \sqrt{\frac{1}{t_L - t_0} \int_0^{t_L} e^2(t) dt} \\ E_p = \max_{t_0 \leq t \leq t_L} |e(t)| \end{cases} \dots\dots\dots(23)$$

Aquí, la suma parcial  $E_m^i$  se obtiene primero del intervalo  $[t_{i-1}, t_i]$  a fin de obtener  $E_m$  según la siguiente ecuación 24:

$$E_m^i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} e^2(t) dt = 4 \int_{t_{i-1}}^{t_i} \arccos^2[Q(t) \cdot Q'(t)] dt \dots(24)$$

Mientras tanto, como:

$$4 \arccos^2 Q(t) \cdot Q'(t) = \phi^2(\alpha), t = t_{i-1} + \alpha(t_i - t_{i-1})$$

5

se puede obtener la siguiente ecuación 25:

$$E_m^i = (t_i - t_{i-1}) \int_0^1 \phi^2(\alpha) d\alpha \dots\dots(25)$$

Como es difícil obtener la integral definida de la función  $\phi^2(\alpha)$ , en el intervalo de integración  $[0, 1]$ , se realiza una aproximación según las siguientes ecuaciones 26 y 27:

$$\phi(\alpha) \cong \phi(0) + \alpha \{\phi(1) - \phi(0)\} \dots\dots(26)$$

$$\phi^2(\alpha) \cong \phi^2(0) + \alpha^2 \{\phi(1) - \phi(0)\}^2 + 2\alpha\phi \{\phi(1) - \phi(0)\} \dots\dots(27)$$

10

Aquí,  $\cos \frac{\phi(0)}{2} = Q(t_{i-1}) \cdot Q'(t_{i-1}),$  y  $\cos \frac{\phi(1)}{2} = Q(t_i) \cdot Q'(t_i).$

Usando la función aproximada, una suma parcial  $E_m^i$  se puede obtener como la siguiente ecuación 28:

$$E_m^i \cong \frac{1}{3} (t_i - t_{i-1}) \{\phi^2(0) + \phi^2(1) + \phi(0)\phi(1)\} \dots\dots\dots(28)$$

15

La ecuación 28 se puede reescribir como la siguiente ecuación 29:

$$E_m^i \cong \frac{4}{3} (t_i - t_{i-1}) [\arccos^2(Q(t_{i-1}) \cdot Q'(t_{i-1})) + \arccos^2(Q(t_i) \cdot Q'(t_i)) + \arccos(Q(t_{i-1}) \cdot Q'(t_{i-1})) \arccos(Q(t_i) \cdot Q'(t_i))] \dots\dots\dots(29)$$

Además, la suma parcial  $E_m^i$  se suma a todos los intervalos  $[t_0, t_L]$  y, entonces, el error medio  $E_m$  se obtiene como la siguiente ecuación 30:

$$E_m \cong \sqrt{\frac{1}{t_L - t_0} \sum_{i=1}^L E_m^i} \dots\dots(30)$$

Para obtener el error máximo  $E_p$ , se selecciona un valor máximo entre los errores máximos  $E_p^i$  en cada intervalo  $[t_{i-1}, t_i]$ , según la siguiente ecuación 31:

$$E_p^i \cong \max_{t_{i-1} \leq t \leq t_i} |e(t)| = \max_{t_{i-1} \leq t \leq t_i} |2 \arccos\{Q(t) \cdot Q'(t)\}| \dots\dots(31)$$

5 Usando la función de aproximación descrita anteriormente,  $E_p^i$  se puede aproximar según la siguiente ecuación 32:

$$E_p^i \cong \max\{\phi(0), \phi(1)\} = \max\{2|\arccos(Q(t_{i-1}) \cdot Q'(t_{i-1}))|, 2|\arccos(Q(t_i) \cdot Q'(t_i))|\} \dots\dots(32)$$

El error máximo  $E_p$  en todos los intervalos  $[t_0, t_L]$  se expresa como la siguiente ecuación 33:

$$E_p \cong \max_{i=1 \dots L} E_p^i \dots\dots(33)$$

10 Por lo tanto, la unidad 818 de medición de la distorsión mide la distorsión en base a las ecuaciones 32 y 33, de forma que puede medir de manera más objetiva y más precisa el grado de distorsión visual debido a un error de cuantización en un espacio de cuaterniones.

15 La unidad 802 de eliminación de tramas de clave elimina las tramas de clave, dentro de un límite de error admisible, usando la similitud en la transformación de rotación con respecto a cambios continuos en el tiempo. Este procedimiento para eliminar tramas de clave es uno de un grupo de procedimientos de codificación de pérdidas. En la codificación de pérdidas de la animación de tramas de clave, los BIFS de MPEG-4 de la técnica anterior usan un procedimiento en el que la cuantización de bits inferiores se realiza de manera uniforme para los valores de clave de todas las tramas de clave. Sin embargo, el procedimiento no puede reflejar en cuánto es responsable cada trama de clave de la degradación de la calidad visual de la imagen. En consecuencia, la cuantización de bits inferiores da como resultado una gran degradación en la calidad de la imagen. La unidad 802 de eliminación de tramas de clave realiza una cuantización de bits relativamente alta para cada trama de clave, mientras elimina las tramas de clave, en orden de menor influencia en la degradación de la calidad visual de la imagen. Por lo tanto, la unidad 802 de eliminación de tramas de clave genera una cantidad de datos similar a la de la técnica anterior, mientras que mantiene una calidad visual de imagen mucho mejor.

25 Con referencia a las FIGS. 14 a 19, se explicará ahora en detalle el proceso para eliminar las tramas de clave en la unidad 802 de eliminación de tramas de clave.

Etapa 1: Haciendo referencia a la FIG. 14, un punto negro indica valores de clave (=  $Q_0, Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ) de cada trama de clave con respecto a  $n+1$  instantes en el trayecto original de animación.

30 Etapa 2: Como se muestra en la FIG. 15, se seleccionan primero dos tramas de clave (=  $Q_0, Q_n$ ) correspondientes a dos extremos del trayecto de animación entre las tramas de clave en el trayecto de animación. Los puntos seleccionados se muestran como puntos blancos.

35 Etapa 3: Como se muestra en la FIG. 16, se selecciona una trama de clave entre las tramas de clave, excepto las dos tramas de clave finales seleccionadas. En este momento, el número de procedimientos para seleccionar una trama de clave es  $(n - 1)$ . La FIG. 16 muestra un ejemplo en el que se seleccionan y se marcan las dos candidatas mediante líneas oblicuas. A continuación, usando un total de tres tramas de clave seleccionadas ( $Q_0, Q_1, y Q_n$ , o  $Q_0, Q_k, y Q_n$ ), se realiza la interpolación lineal esférica para las  $(n - 1)$  candidatas que no estén seleccionadas.

Etapa 4: Mediante la comparación del trayecto de animación original y los  $(n-1)$  trayectos interpolados, se selecciona un trayecto de animación que tenga el error de trayecto más pequeño, y se selecciona una nueva trama de clave del trayecto de animación seleccionado. El error entre trayectos se obtiene mediante el uso de un error promedio  $E_m$  descrito anteriormente.

40 Etapa 5: La FIG. 17 muestra un ejemplo en el que se selecciona el trayecto de candidato 2.

Etapa 6: Como se muestra en la FIG. 18, se selecciona una trama de clave entre las tramas de clave, excepto las tres tramas de clave seleccionadas. Después, se realizan las etapas 3 y 4.

Etapa 7: La FIG. 19 muestra un ejemplo en el que se selecciona el trayecto de candidato 1.

Etapa 8: Las etapas 6 y 7 se realizan repetidamente hasta que el error promedio comience a ser menor que un error admisible.

La unidad 803 diferencial lineal / rotacional obtiene diferenciales rotacionales entre valores de clave correspondientes a claves continuas sobre el espacio de cuaterniones, usando la ecuación diferencial rotacional.

5 En el procedimiento diferencial lineal de la técnica anterior, se calcula un diferencial lineal entre un cuaternión  $Q_1$  de transformación de rotación de un objeto correspondiente a una clave actual y un cuaternión  $Q_2$  de transformación de rotación del objeto correspondiente a la siguiente clave, mediante las siguientes ecuaciones 34:

$$Q_1 = (q_{01}, q_{11}, q_{21}, q_{31}), Q_2 = (q_{02}, q_{12}, q_{22}, q_{32})$$

$$Q_{DPCM} = (q_{01}-q_{02}, q_{11}-q_{12}, q_{21}-q_{22}, q_{31}-q_{32}) \dots\dots\dots(34)$$

10 De esta forma, el procedimiento que considera solamente los valores de diferencia entre los componentes de cuaterniones no puede mostrar los valores diferenciales de rotación que tengan en cuenta la transformación de rotación real, por lo que el procedimiento da como resultado una disminución en la redundancia de datos que se vayan a codificar. Además, con el fin de reducir el número de bits que se vayan a codificar, solamente se codifican tres componentes, excepto un componente que tenga el valor más grande entre cuatro componentes de cuaternión. A partir del aspecto de la restauración de los datos, en este procedimiento diferencial lineal de la técnica anterior, se debería transmitir adicionalmente una información de 2 bits de longitud desde el aparato de codificación al aparato de descodificación, con el fin de indicar un componente que tenga el valor más grande en cada valor de clave.

15 Por lo tanto, al codificar los datos mediante el uso de diferenciales de transformación de rotación entre valores de clave de un nodo interpolador de la orientación, la unidad 803 diferencial lineal / rotacional en la realización preferida de la presente invención adopta un procedimiento diferencial lineal / rotacional diferente al del procedimiento de la técnica anterior. El procedimiento adoptado se explicará a continuación en detalle.

20 Suponiendo que  $\vec{x}$  denota el vector de posición actual de un objeto,  $\left(\vec{n}_{i-1}, \theta_{i-1}\right)$  denota los valores de clave (valor\_clave) cuando una clave satisface: clave =  $k_{i-1}$ , y  $\vec{y}_{i-1}$  denota un vector de desplazamiento de  $\vec{x}$  después de un movimiento de rotación y de traslación del objeto, una ecuación del movimiento de rotación y de traslación en un espacio de cuaterniones se expresa como la siguiente ecuación 35:

$$Y_{i-1} = Q_{i-1} * X * Q_{i-1}^* \dots\dots(35)$$

25 Aquí,  $X$ ,  $Y_{i-1}$ , y  $Q_{i-1}$  son expresiones de cuaterniones de  $\vec{x}$ ,  $\left(\vec{n}_{i-1}, \theta_{i-1}\right)$  y  $\vec{y}_{i-1}$ , respectivamente. De la misma manera, cuando clave =  $k_i$ , la ecuación del movimiento de rotación y de traslación en un espacio de cuaterniones se expresa como la siguiente ecuación 36:

$$Y_i = Q_i * X * Q_i^* \dots\dots(36)$$

30 Mientras tanto, a partir de la ecuación

$$q = \left( \cos \frac{\theta}{2}, \frac{n_x}{\|n\|} \text{sen} \frac{\theta}{2}, \frac{n_y}{\|n\|} \text{sen} \frac{\theta}{2}, \frac{n_z}{\|n\|} \text{sen} \frac{\theta}{2} \right)$$

y de la ecuación  $Q'' = Q' * Q^*$ , se obtiene una ecuación para obtener un valor de rotación diferencial como la siguiente ecuación 37:

$$Y_i = Q_i * X * Q_i^* = Q_i * Q_{i-1}^* * Y_{i-1} * Q_{i-1} * Q_{i-1}^* = Q_i^* * Y_{i-1} * Q_i^* \dots\dots(37)$$

35 Por lo tanto, se define una ecuación matricial diferencial de rotación de conversión de cuaterniones, que represente un diferencial de rotación, como la siguiente ecuación 38:

$$Q'_i = Q_i * Q_{i-1}^* \dots\dots(38)$$

En la presente realización, con el fin de reducir el número de bits que se vayan a codificar, solamente se codifican tres componentes, excluyendo el primer componente, de los cuatro componentes que forman un valor de rotación diferencial. Por lo tanto, usando los tres componentes, la unidad de descodificación restaura el componente restante. A continuación se explicará en detalle el procedimiento de descodificación. Todos los valores diferenciales de rotación están representados por medio de valores de expresión de cuaterniones unitarios. Por lo tanto, la norma de un cuaternión que represente un diferencial de rotación siempre es 1. En base a esto, se restaura el componente restante usando la siguiente ecuación 39:

$$\hat{q}_0 = \sqrt{1 - (\hat{q}_1^2 + \hat{q}_2^2 + \hat{q}_3^2)} \dots\dots(39)$$

En la ecuación 39,  $\hat{q}_1$ ,  $\hat{q}_2$  y  $\hat{q}_3$  son los tres componentes de los valores diferenciales de rotación restaurados, respectivamente, y  $\hat{q}_0$  es el primer componente restaurado usando los tres componentes. En este caso, la suma de los cuadrados de los tres componentes del valor diferencial de rotación restaurado puede sobrepasar 1, debido a un error de cuantización. En este momento, el valor de  $\hat{q}_0$  no puede determinarse usando la ecuación 39. Esto significa que  $\hat{q}_0$  es un valor muy cercano a cero y menor que una unidad mínima que se pueda cuantizar por medio de la unidad 805 de cuantización. Físicamente, esto significa una transformación de rotación de ángulo de unos 180 grados. Por lo tanto, la unidad de descodificación debería tener un procedimiento para determinar el valor de  $\hat{q}_0$  en este caso. Además, la influencia del valor de  $\hat{q}_0$  determinado en los otros tres componentes se debería minimizar. Como un ejemplo, se puede determinar un valor unitario mínimo de cuantización, o su valor múltiplo proporcional, como el valor de  $\hat{q}_0$ . Una ecuación específica para obtener el valor es como en la siguiente ecuación 40:

$$\hat{q}_0 = \alpha \cdot 2^{-m} = \alpha \cdot \frac{1}{2^m} \dots\dots(40)$$

Aquí,  $\alpha$  denota una constante de proporcionalidad y m denota el número de bits de cuantización. Este procedimiento tiene mérito en que la información adicional de 2 bits, que se da a cada uno de todos los valores de clave en el procedimiento diferencial lineal de la técnica anterior, no necesita ser enviada al aparato de descodificación. Además, como se muestra en la FIG. 13, la presente realización puede obtener la sintaxis (b) a partir de la sintaxis (a) del procedimiento diferencial lineal de la técnica anterior. Como resultado, cuando se codifican realmente N valores de clave, la presente realización puede reducir la cantidad de bits generados en 2N bits a partir de la cantidad de bits generados en la información adicional de la técnica anterior.

La FIG. 11 es un diagrama de referencia para explicar un error de dirección de rotación en la codificación de cuaterniones, usando un diferencial de rotación. El error de dirección de rotación ocurre porque la codificación de cuaterniones es un tipo de codificación de pérdidas.

Haciendo referencia a la FIG. 11, y suponiendo que  $Q_i$  denota la posición del objeto en base a la información de rotación que es introducida en el momento actual, y que  $Q_{i-1}$  denota la posición anterior del objeto, la relación de las dos posiciones se puede expresar mediante cuatro áreas diferentes. Esto es, si el objeto gira desde la posición  $Q_{i-1}$  a la posición  $Q_i$  a través del arco más corto y la relación de las dos posiciones está en el área 1 o en el área 3, el objeto rota en el sentido contrario al de las agujas del reloj desde  $Q_{i-1}$  a  $Q_i$ . Además, si el objeto gira desde la posición  $Q_{i-1}$  a  $Q_i$  a través del arco más corto y la relación de las dos posiciones está en el área 2 o en el área 4, el objeto gira en el sentido de las agujas del reloj desde  $Q_{i-1}$  a  $Q_i$ .

Si el objeto gira según la información de rotación que está codificada y que después se descodifica, la unidad de descodificación gira el objeto usando dos valores: la información de descodificación  $\hat{Q}_{i-1}$  correspondiente a la

información de rotación original  $Q_{i-1}$ , y  $\hat{Q}_i$  correspondiente a  $Q_i$ . Por lo tanto, haciendo referencia de nuevo a la

FIG. 11, la posición de  $\hat{Q}_i$  frente a  $\hat{Q}_{i-1}$  está en el área 2 y en el área 3, el objeto gira en el sentido contrario al de las agujas del reloj y, si la posición está en el área 1 y en el área 4, el objeto gira en el sentido de las agujas del reloj. De esta forma, haciendo girar el objeto usando la información de rotación original y haciendo girar el objeto usando la información de rotación de descodificación se provocan rotaciones en sentidos contrarios en el área 1 y en el área 2. Esto es porque en la codificación de cuaterniones, se realiza la codificación de pérdidas y, por lo tanto,  $Q_i$

no es la misma que  $\hat{Q}_i$ . Esto ocurre de manera inevitable en la codificación de pérdidas. Como el área 1 y el área 2 son áreas esenciales, se necesita una operación para minimizar la rotación inversa o para hacer que la dirección de rotación sea la misma que la de la dirección original. En la presente realización, se adopta la última operación.

Explicando brevemente una función de corrección de la dirección de rotación, con referencia a la FIG. 11, se detectan las áreas 1 y 2 en las que ocurre un error en la dirección de rotación, el valor de cuaternión diferencial que va a ser codificado es controlado de manera obligatoria de forma que la dirección de rotación sea la misma que la dirección de rotación original. Aunque la inconsistencia en las direcciones de rotación también ocurre en el área 2, en el área 2, a diferencia del área 1, el valor de cuaternión original y el valor de cuaternión restaurado son convergentes. Por lo tanto, la función de corrección de la dirección de rotación se realiza en el área 2 y no en el área 1.

Las FIGS. 9 y 10 son diagramas de bloques para explicar la función de corrección de la dirección de rotación del aparato de codificación de la FIG. 8.

Con referencia a la FIG. 9, una unidad 950 de cálculo de errores de la dirección de rotación y una unidad 960 de determinación detectan un caso del área 1. Como se muestra en la FIG. 10, la unidad 950 de cálculo de errores de la dirección de rotación incluye las unidades 952, 953 y 954 de cálculo de diferencias de rotación de cuaterniones para calcular tres valores de cuaterniones de rotación diferencial. Los tres valores obtenidos de diferenciales de rotación A, B y C son los siguientes:

Valor de rotación diferencial A:  $Q_i(Q_{i-1})^*$

Aquí, el valor de rotación diferencial A indica la dirección de rotación del objeto en un intervalo de tiempo  $[t_{i-1}, t_i]$  mediante la información original de rotación.

Valor de rotación diferencial B:  $Q_{i-1}(\hat{Q}_{i-1})^*$

Aquí, el valor de rotación diferencial B indica el error de posición de rotación y la dirección del objeto debido a un error de codificación en el instante  $t_{i-1}$ .

Valor de rotación diferencial C:  $Q_i(\hat{Q}_{i-1})^*$

Aquí, el valor de rotación diferencial C indica la dirección de información de diferenciales de cuaterniones que se proporciona para su codificación en el instante  $t_i$ .

La unidad 960 de determinación determina el área 1 como se explicó en la FIG. 11, usando los tres valores diferenciales de rotación A, B y C. Si es el caso del área 1, la unidad 980 de determinación selecciona una entrada desde la unidad 970 de saturación de direcciones de rotación para fijar la dirección de rotación en un valor de saturación, de forma que la dirección de rotación se corrija con el mismo valor que la dirección de rotación original. Si no es el caso del área 1, la unidad 980 de determinación selecciona una entrada desde la unidad 940 de cálculo de diferencias de rotación de cuaterniones, de forma que no se realice la función de corrección de la dirección de rotación, y emite la señal seleccionada. El funcionamiento en este momento es el mismo que en el caso anteriormente descrito, en el que se obtiene un valor de cuaternión diferencial y se entrega a la unidad 805 de cuantización. A continuación se explicará en detalle el principio del funcionamiento de la unidad 960 de determinación. La unidad 960 de determinación incluye cinco unidades lógicas de determinación, y emite el resultado de realizar una operación lógica "AND" sobre cinco salidas de valores lógicos. Cinco operaciones lógicas incluidas en la unidad 960 de determinación son las siguientes:

Expresión lógica A:

$$\begin{pmatrix} q_{A,1} \\ q_{A,2} \\ q_{A,3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} q_{C,1} \\ q_{C,2} \\ q_{C,3} \end{pmatrix} < 0$$

Aquí, si el valor de rotación diferencial A de la FIG. 10 es  $Q_A$ , y

5  $Q_A = (q_{A,0}, q_{A,1}, q_{A,2}, q_{A,3})^T$ ,  $\begin{pmatrix} q_{A,1} \\ q_{A,2} \\ q_{A,3} \end{pmatrix}$

10 indica un vector tridimensional  $(q_{A,1}, q_{A,2}, q_{A,3})^T$  que está formado por tres elementos, exceptuando el primer elemento  $q_{A,0}$ , entre los cuatro elementos.

Igualmente,  $\begin{pmatrix} q_{C,1} \\ q_{C,2} \\ q_{C,3} \end{pmatrix}$  indica un vector tridimensional formado por tres elementos, excepto el

15

primer elemento en el valor de rotación diferencial C de la FIG. 10.

$$\begin{pmatrix} q_{A,1} \\ q_{A,2} \\ q_{A,3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} q_{C,1} \\ q_{C,2} \\ q_{C,3} \end{pmatrix}$$

indica el producto interno de dos vectores tridimensionales. Si el producto interno es un número negativo, el valor lógico A es definido como "verdadero" y, en caso contrario, se define como "falso".

Expresión lógica B:

$$\begin{pmatrix} q_{B,1} \\ q_{B,2} \\ q_{B,3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} q_{C,1} \\ q_{C,2} \\ q_{C,3} \end{pmatrix} < 0$$

20

Aquí,  $\begin{pmatrix} q_{B,1} \\ q_{B,2} \\ q_{B,3} \end{pmatrix}$  indica un vector tridimensional  $(q_{B,1}, q_{B,2}, q_{B,3})^T$

25



que está formado por tres elementos, exceptuando el primer elemento en el valor de rotación diferencial B de la FIG. 10.

$$\begin{pmatrix} q_{C,1} \\ q_{C,2} \\ q_{C,3} \end{pmatrix}$$

indica un vector tridimensional formado por tres elementos. excepto el primer elemento en el valor de rotación diferencial C de la FIG. 10.

$$\begin{pmatrix} q_{B,1} \\ q_{B,2} \\ q_{B,3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} q_{C,1} \\ q_{C,2} \\ q_{C,3} \end{pmatrix}$$

indica el producto interno de dos vectores tridimensionales. Si el producto interno es un número negativo, el valor lógico B se define como "verdadero" y, en caso contrario, se define como "falso".

Expresión lógica C:  $A_{TH} < 2 \cos^{-1} |q_{A,0}|$

Aquí,  $q_{A,0}$  indica el primer elemento en el valor de rotación diferencial A de la FIG. 10, como se describe en las expresiones lógicas A y B. Si el resultado de realizar la expresión lógica C usando el valor absoluto de  $q_{A,0}$  es mayor que una constante predeterminada  $A_{TH}$ , la expresión lógica C se define como "verdadera" y, en caso contrario, se define como "falsa". En este momento, la constante  $A_{TH}$  se fija en un valor cercano a 0 (por ejemplo, 0,02) y se puede fijar en un valor apropiado según una operación real.

Expresión lógica D:  $A_{TH} < 2 \cos^{-1} |q_{B,0}|$

Aquí,  $q_{B,0}$  indica el primer elemento en el valor de rotación diferencial B de la FIG. 10, como se describe en las expresiones lógicas A y B. Si el resultado de realizar la expresión lógica D usando el valor absoluto de  $q_{B,0}$  es mayor que una constante predeterminada  $A_{TH}$ , la expresión lógica D se define como "verdadera" y, en caso contrario, se define como "falsa". En este momento, la constante  $A_{TH}$  se fija como en la expresión lógica C.

Expresión lógica E:  $A_{TH} < 2 \cos^{-1} |q_{C,0}|$

Aquí,  $q_{C,0}$  indica el primer elemento en el valor de rotación diferencial C de la FIG. 10, como se describe en las expresiones lógicas A y B. Si el resultado de realizar la expresión lógica E usando el valor absoluto de  $q_{C,0}$  es mayor que una constante predeterminada  $A_{TH}$ , la expresión lógica E se define como "verdadera" y, en caso contrario, se define como "falsa". En este momento, la constante  $A_{TH}$  se fija como en la expresión lógica C.

Si se realiza la operación "AND" para los cinco valores lógicos obtenidos, de la siguiente manera, se genera la salida de la unidad 960 de determinación de la FIG. 9.

Salida de la unidad 960 de determinación: (expresión lógica A) AND (expresión lógica B) AND (expresión lógica C) AND (expresión lógica D) AND (expresión lógica E).

Si el valor lógico es "verdadero", la unidad 980 de selección recibe la salida de la unidad 970 de saturación de la dirección de rotación y emite la señal recibida. Si el valor lógico es "falso", la unidad 980 de selección recibe la salida de la unidad 940 de cálculo de diferencias de rotación de cuaterniones y emite la señal recibida.

A continuación se explicará el funcionamiento de la unidad 970 de saturación de la dirección de rotación. Con referencia de nuevo a la FIG. 11, en el caso del área 1, la información de posición rotacional que recibe la unidad de descodificación es  $\hat{Q}_i$  y la información de posición de rotación que se introduce en el momento presente es  $Q_i$  y, por lo tanto, la unidad de descodificación gira el objeto en el sentido de las agujas del reloj. Sin embargo, como según la dirección de rotación original, el objeto gira desde  $Q_{i-1}$  a  $Q_i$ , el objeto debería girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj. Por lo tanto, la unidad 970 de saturación de la dirección de rotación hace que el objeto gire desde la posición  $\hat{Q}_i$  en una dirección que es la misma que la dirección original, esto es, en una dirección a una posición de rotación que tiene el mayor movimiento contrario al movimiento de las agujas del reloj (la posición marcada con  $Q_i$  en la FIG. 11). Esto es, la unidad 970 de saturación de la dirección de rotación fija nueva información de rotación con la que el objeto puede girar a una posición cercana a los 180 grados desde la posición  $Q_i$ . En consecuencia, la dirección de rotación se puede corregir como la dirección de rotación original, y se puede minimizar el error de posición de rotación. El funcionamiento de la unidad 970 de saturación de la dirección de rotación se expresa como la siguiente ecuación 41:

$$Q_s = \begin{pmatrix} |\delta_T| \\ 1 \\ \frac{1}{\sqrt{(q_{R,1})^2 + (q_{R,2})^2 + (q_{R,3})^2}} q_{R,1} \\ 1 \\ \frac{1}{\sqrt{(q_{R,1})^2 + (q_{R,2})^2 + (q_{R,3})^2}} q_{R,2} \\ 1 \\ \frac{1}{\sqrt{(q_{R,1})^2 + (q_{R,2})^2 + (q_{R,3})^2}} q_{R,3} \end{pmatrix} \dots(41)$$

Aquí,  $(q_{R,0}, q_{R,1}, q_{R,2}, q_{R,3})^T$  indica la unidad 940 de cálculo de la diferencia de rotación de cuaterniones de la FIG. 9, y  $\delta_T$  es una constante cercana a 0 (por ejemplo, 0,001) y se determina con respecto al grado de precisión de la codificación.

5 La unidad diferencial lineal 807 obtiene el diferencial lineal de los cuaterniones sucesivos de los valores de clave. Esto es, se cuantiza un valor emitido desde la unidad diferencial lineal / rotacional 803 en la unidad 805 de cuantización, y después se obtiene el diferencial lineal del valor cuantizado. Haciendo esto, la redundancia de datos  
 10 ocurrentes aumenta como se muestra en la FIG. 12 y, como resultado de esto, se consigue una eficiencia mayor en la codificación. Por lo tanto, se obtiene un efecto similar al de realizar realmente una diferenciación de segundo orden para los datos de valores de clave. Como se ha descrito al explicar el control de la dirección de la unidad diferencial lineal / rotacional 803, según el diferencial de segundo orden de la técnica anterior, la codificación es una codificación con más pérdidas que el esquema de codificación de la presente invención, descrito anteriormente. Por lo tanto, cuando el objeto gira usando la información de rotación descodificada, se produce la rotación inversa del objeto. A medida que aumentan los errores de cuantización, las rotaciones inversas ocurren de manera más  
 15 frecuente. Esto es, el diferencial de segundo orden provoca un incremento en los errores de cuantización, mientras que la unidad diferencial lineal 807 revelada en la presente realización aplica la diferenciación lineal al cuaternión de los valores de clave ya cuantizados y, por lo tanto, aumenta la redundancia de datos y evita la ocurrencia de los errores de cuantización.

20 La unidad 809 de codificación de la entropía mejora la eficiencia de la codificación de los datos que se cuantizan usando el procedimiento 809 de codificación aritmética para eliminar la redundancia de bits mediante el cálculo de la frecuencia de la generación de símbolos en base a probabilidades condicionales. En consecuencia, la cantidad de datos que realmente se tienen que codificar disminuye de una manera efectiva.

En base a la estructura anteriormente descrita, se explicará ahora el procedimiento de codificación según una segunda realización preferida.

25 El procedimiento de codificación según la segunda realización se basa en la diferenciación lineal (DPCM) que usa la diferencia entre un valor previamente restaurado y un valor que se vaya a codificar en el momento actual, como una clave en los datos de campo de un nodo interpolador de la orientación. Mientras que, para los datos de valores de clave, las tramas de clave son eliminadas dentro de un límite de error admisible, usando la similitud de la transformación rotacional sobre un espacio de cuaterniones, y se obtienen los valores diferenciados usando la  
 30 diferenciación de rotación, y después los valores diferenciados se cuantizan, se diferencian linealmente y se codifican de manera aritmética. Haciendo esto, se mejora la eficiencia de la codificación y se mide de manera objetiva la distorsión de la calidad visual del resultado restaurado. A continuación se explicará el procedimiento etapa a etapa.

35 Etapa 1: Los datos de campo de un nodo interpolador de la orientación que se vayan a codificar se reciben y se analizan sintácticamente. De manera más específica, se reciben los datos del VRML, se analiza sintácticamente el nodo interpolador de la orientación y se extraen, respectivamente, la clave y los valores de clave a partir del valor sintácticamente analizado a fin de codificar los datos de campo formados con una clave y con valores de clave.

Etapa 2: La unidad 802 de eliminación de tramas de clave selecciona algunas claves de entrada y valores de clave del total de claves de entrada y valores de clave dentro de un límite de error admisible.

40 Etapa 3: La unidad diferencial lineal / rotacional 803 diferencia linealmente los datos de clave de entrada de forma que se genere redundancia entre estos datos linealmente diferenciados, y la unidad 805 de cuantización cuantiza los datos.

Etapa 4: La unidad diferencial lineal / rotacional 803 realiza la diferenciación rotacional para los datos de valores de claves de entrada.

5 Etapa 5: Con el fin de compensar los errores de cuantización de la clave y de los valores de clave que se vayan a introducir en el siguiente punto en el tiempo, los valores diferenciados de la clave y de los valores de clave cuantizados en la unidad 805 de cuantización en las etapas 3 y 4 son cuantizados inversamente en la unidad 806 de cuantización inversa, son retardados en la unidad 819 de retardo y después son acumulados en la unidad 804 de integración (o acumulación) lineal / de rotación. La clave y los valores de clave acumulados se usan en el procesamiento diferencial de una clave y de valores de clave introducidos en el siguiente punto en el tiempo. Las ecuaciones que se usan para la acumulación en la unidad integradora lineal / rotacional 804 se dan a continuación como las ecuaciones 42 y 43:

$$\hat{K}_{i-1} = \sum_{j=0}^{i-1} \tilde{K}_j \quad \dots\dots(42)$$

10 Aquí,  $\tilde{K}_j$  denota una clave diferencial cuantizada inversa que ocurre en el orden j-ésimo.

$$\hat{Q}_{i-1} = \prod_{j=0}^{i-1} \tilde{Q}_j \quad \dots\dots(43)$$

Aquí,  $\tilde{Q}_j$  denota un valor de clave diferencial cuantizada inversa que ocurre en el orden j-ésimo.

Etapa 6: La clave cuantizada se introduce en la unidad 809 de codificación de la entropía, se codifica aritméticamente, y se procesa por flujo de acuerdo al formato de los servicios que se vayan a proporcionar.

15 Etapa 7: Los valores de clave cuantizados son linealmente diferenciados en la unidad diferencial lineal 807, son codificados aritméticamente en la unidad 809 de codificación de la entropía y procesados por flujo. En el flujo, se debería considerar cómo determinar la estructura de los datos del flujo según los formatos y las funciones de los servicios de flujo. Esto es, la estructura de datos (a) mostrada en la FIG. 6 es la más sencilla para un caso en el que no se considera la característica en tiempo real de los servicios. En esta estructura, ocurre un retardo en la unidad de descodificación durante el mismo periodo de tiempo que el periodo de tiempo en el que se restauró una clave. En comparación con la estructura de datos (b), la estructura de datos (a) provoca un coste de codificación más bajo y un coste de descodificación más alto. La estructura de datos (b) puede proporcionar características en tiempo real y una funcionalidad adicional de servicios de datos. En la estructura de datos (b) inmediatamente después de restaurar una clave y los correspondientes valores de clave, se permite la visualización. La estructura de datos (b) es resistente al error. Esto es, aunque se hayan perdido los datos actuales, la pérdida se puede restaurar, hasta cierto grado, con los datos anteriores y con los datos siguientes que se vayan a restaurar. Solamente mediante el ajuste del orden de codificación de una clave y de los valores de clave en la unidad 809 de codificación de la entropía, se pueden hacer las estructuras (a) y (b) de la FIG. 6.

30 Etapa 8: La información binaria que se introduce a través de la unidad 810 de salida de datos de campos binarios se descodifica a través de la inversa del procedimiento de codificación, excluyendo una etapa de la unidad 802 de eliminación de tramas de clave. Mediante la medición de la distorsión visual de los datos descodificados en la unidad 818 de medición de la distorsión, se evalúa el funcionamiento de la unidad de codificación. La unidad de descodificación descodifica los datos en el procedimiento inverso al procedimiento de codificación anteriormente descrito.

35 La FIG. 20 es un ejemplo en el que el procedimiento de descodificación según la segunda realización está expresado en sintaxis de flujo de bits. Cuando finaliza el proceso de descodificación como se muestra en la FIG. 20, la unidad 818 de medición de la distorsión recibe la salida de la unidad de entrada de datos de campo de un nodo interpolador de la orientación 300 y la salida de la unidad de salida de datos de campo de un nodo 817 interpolador de la orientación, y mide la distorsión visual en un número objetivo, usando la ecuación 30 o 33. Las ecuaciones 30 y 40 33 usadas en este instante son ecuaciones que reflejan las características físicas de la transformación de rotación de un objeto en un espacio de cuaterniones, y proporcionan valores medidos más objetivos y precisos que los de la ecuación 1 usada en la técnica anterior.

45 Al codificar los datos de campo de un nodo interpolador de la orientación, la presente realización, que implementa el procedimiento de codificación que usa las etapas descritas anteriormente, elimina la redundancia de datos en una región del tiempo y la redundancia de bits entre símbolos cuantizados, y mejora la eficiencia de la transmisión de datos mediante el reflejo de las características físicas de la transformación de rotación. Las FIGS. 21 y 22 son gráficos que muestran las tasas de distorsión (Tasa-Distorsión) del procedimiento de codificación de la animación de los BIFS de MPEG-4 de la técnica anterior y de los de la realización preferida de la presente invención. Con referencia a las FIGS. 21 y 22, en el mismo error, el procedimiento de codificación de la presente realización genera un número de bits relativamente muy pequeño.

Como se ha descrito anteriormente, en la codificación de los datos de campo de un nodo interpolador de la

orientación, la presente invención elimina la redundancia de los datos en una región del tiempo y la redundancia de bits entre los símbolos cuantizados, y mejora la eficiencia de la transmisión de datos reflejando las características físicas de un movimiento rotacional y de traslación y eliminando la información adicional para los elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de codificación para codificar información de rotación que incluye el tiempo de rotación, los ejes de rotación y el ángulo de rotación que se necesitan para girar un objeto tridimensional en un espacio tridimensional, estando el aparato de codificación dispuesto para recibir claves que indican información con respecto a un trayecto de animación en una posición sobre un eje de tiempos, en el cual ocurre un cambio de un movimiento rotatorio, y para recibir valores de claves que indican información de rotación correspondiente a la información de posición, y **caracterizado por** comprender:

una unidad (801) de conversión de cuaterniones, para convertir la información de rotación de un valor de clave de entrada en un valor de expresión de cuaterniones, que está expresado por un número real y tres números imaginarios;

una unidad (802) de eliminación de tramas de clave, para seleccionar claves y valores de clave convertidos, para proporcionar la pluralidad de claves y valores de clave seleccionados y para eliminar los restantes claves y valores de clave, siendo seleccionados las claves y los valores de clave seleccionados de modo que el error medio entre el trayecto de animación original y un trayecto de animación interpolado reduzca el error medio a valores dentro de un límite de errores predeterminado;

una unidad (803) diferencial lineal / rotacional para el procesamiento diferencial lineal de cada clave seleccionada, calculando como la clave procesada diferencial la diferencia entre la clave y una clave previa, y el procesamiento diferencial rotacional de los valores de clave seleccionados, calculando como los valores de clave procesados diferenciales la rotación requerida para llegar al cuaternión que representa el valor de clave, a partir del cuaternión que representa un valor de clave anterior;

una unidad (805) de cuantización para cuantizar la clave procesada diferencial y los valores de claves procesadas diferenciales;

una unidad (806) de cuantización inversa para cuantizar inversamente los valores diferenciales de las claves y los valores de clave cuantizados;

una unidad (804) de acumulación lineal / rotacional para acumular claves y valores de clave inversamente cuantizados, para su uso en el procesamiento diferencial de una clave y de valores de clave en el próximo instante en el tiempo, a fin de compensar los errores de cuantización;

una unidad (807) diferencial lineal para el procesamiento diferencial lineal de los valores de clave cuantizados, obteniendo las diferencias entre los valores de clave cuantizados y un anterior valor de clave cuantizada; y

una unidad (809) de codificación de entropía para la codificación aritmética de la cuantización de claves y valores de clave.

2. El aparato de codificación de la reivindicación 1, en el cual la unidad (803) diferencial lineal / rotacional realiza la transformación de rotación para una próxima posición del objeto después de un movimiento de rotación desde la posición actual, obteniendo un diferencial de rotación entre los valores de clave correspondientes a claves continuas, mediante una ecuación diferencial de rotación en un espacio de cuaterniones, según la siguiente ecuación 38:

$$Q'_i = Q_i * Q^*_{i-1} \dots\dots(38)$$

3. El aparato de codificación de la reivindicación 1 o 2, en el cual la unidad (803) de procesamiento diferencial lineal / rotacional incluye una unidad de corrección de dirección de rotación para realizar una función de corrección de dirección de rotación que hace que el objeto gire en la misma dirección que la dirección de rotación indicada por la información de rotación original.

4. El aparato de codificación de la reivindicación 3, en el cual la unidad de corrección de dirección de rotación comprende:

una unidad (970) de saturación de dirección de rotación, para generar información de rotación saturada y emitir la información;

una unidad (960) de determinación para determinar si la dirección de rotación cambió o no; y

una unidad (980) de selección para recibir selectivamente y emitir la salida de la unidad (803) diferencial lineal / rotacional, o la salida de la unidad (970) de saturación de dirección de rotación, en base al resultado de la determinación por parte de la unidad (960) de determinación.

5. El aparato de codificación de la reivindicación 4, en el cual, cuando el resultado de la determinación, por parte de la unidad (960) de determinación, indica que la dirección de rotación cambió, la unidad (980) de selección recibe y emite la salida de la unidad (970) de saturación de dirección de rotación, en lugar de un valor diferencial de rotación emitido desde la unidad (803) de procesamiento diferencial lineal / rotacional y, en otro caso, la unidad (980) de selección recibe y emite un valor diferencial de rotación emitido desde la unidad (803) de procesamiento diferencial lineal / rotacional.

6. Un procedimiento de codificación para codificar información de rotación que incluye el tiempo de rotación, los ejes de rotación, y el ángulo de rotación que se necesitan para girar un objeto tridimensional en un espacio tridimensional después de recibir claves que indican información con respecto a un trayecto de animación en una posición sobre un

eje de tiempos, en el cual ocurre un cambio de un movimiento rotacional, y valores de clave, que indican información de rotación correspondiente a la información de posición, incluyendo el procedimiento de codificación las etapas de:

convertir la información de rotación de un valor de clave de entrada en un valor de expresión de cuaterniones, que está expresado por un número real y tres números imaginarios;

5 seleccionar claves y valores de claves convertidos para proporcionar una pluralidad de claves seleccionadas y valores de clave, y para eliminar las restantes claves y valores de clave, siendo seleccionadas las claves y los valores de clave seleccionados de modo que el error medio entre el trayecto de animación original y un trayecto de animación interpolado reduzca el error medio a un valor dentro de un límite de error predeterminado;

10 procesamiento diferencial lineal de cada clave seleccionada, calculando como la clave procesada diferencial la diferencia entre la clave y una clave previa, y procesamiento diferencial rotacional de los valores de clave seleccionados, calculando como los valores de claves procesadas diferenciales la rotación requerida para llegar al cuaternión que representa el valor de clave, a partir del cuaternión que representa un valor de clave previo;

cuantizar la clave procesada diferencial y los valores de clave procesados diferenciales;

cuantizar inversamente los valores diferenciales de la clave y los valores de clave cuantizados;

15 acumular claves y valores de clave inversamente cuantizados para su uso en el procesamiento diferencial de una clave y valores de clave en un próximo punto en el tiempo, a fin de compensar los errores de cuantización;

procesamiento diferencial lineal de los valores de clave cuantizados, obteniendo las diferencias entre los valores de clave cuantizados y un valor anterior de clave cuantizada; y

codificar por entropía aritmética la clave y los valores de clave cuantizados.

20

FIG. 1

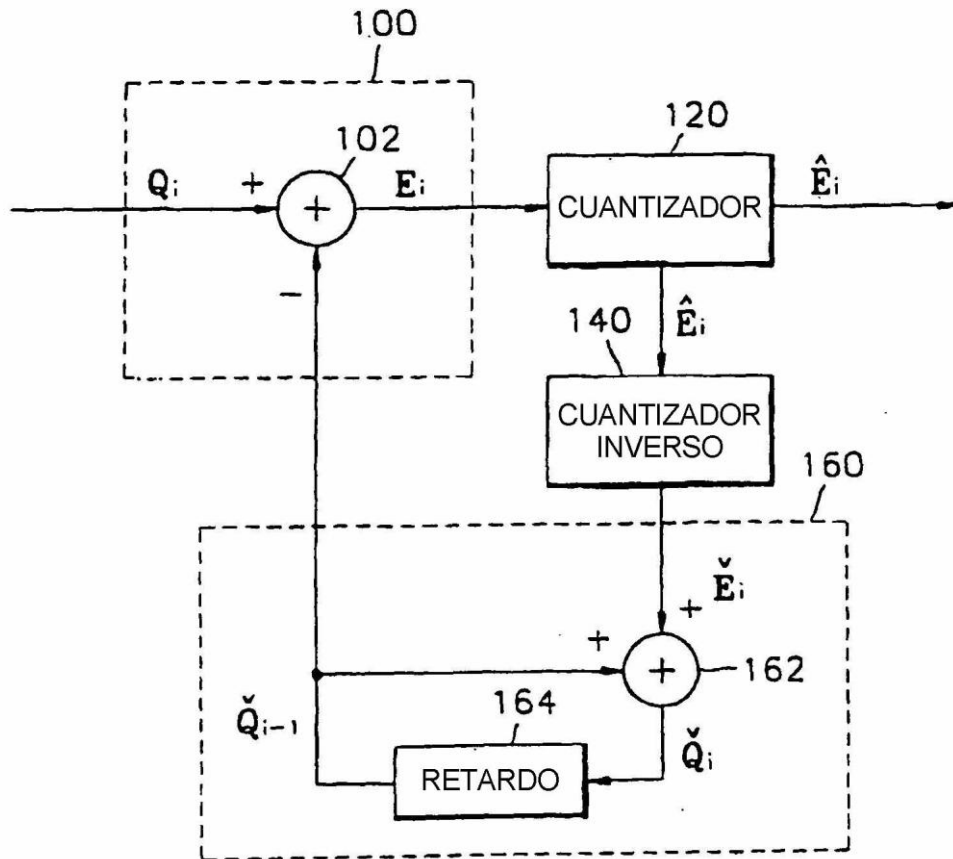


FIG. 2

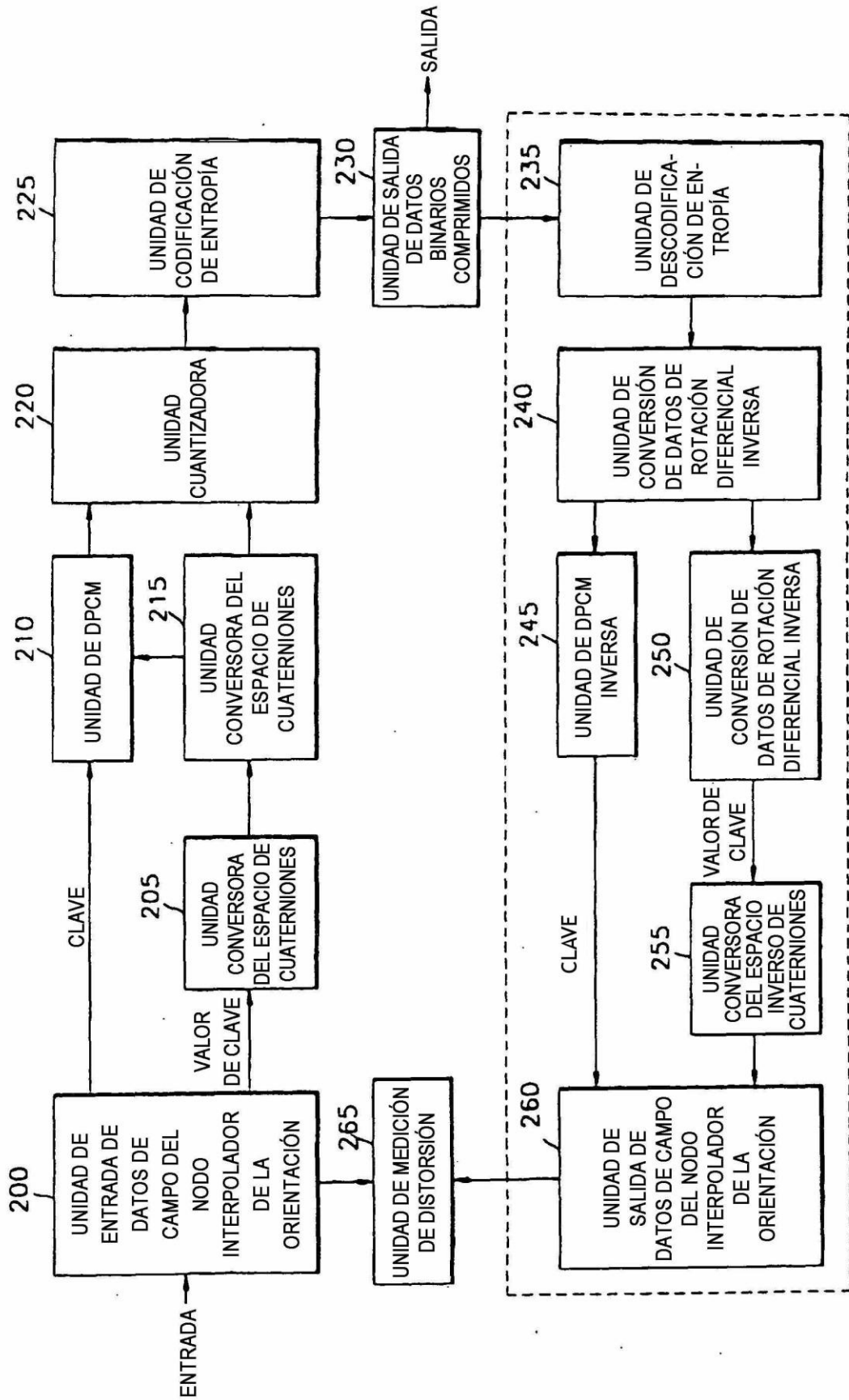
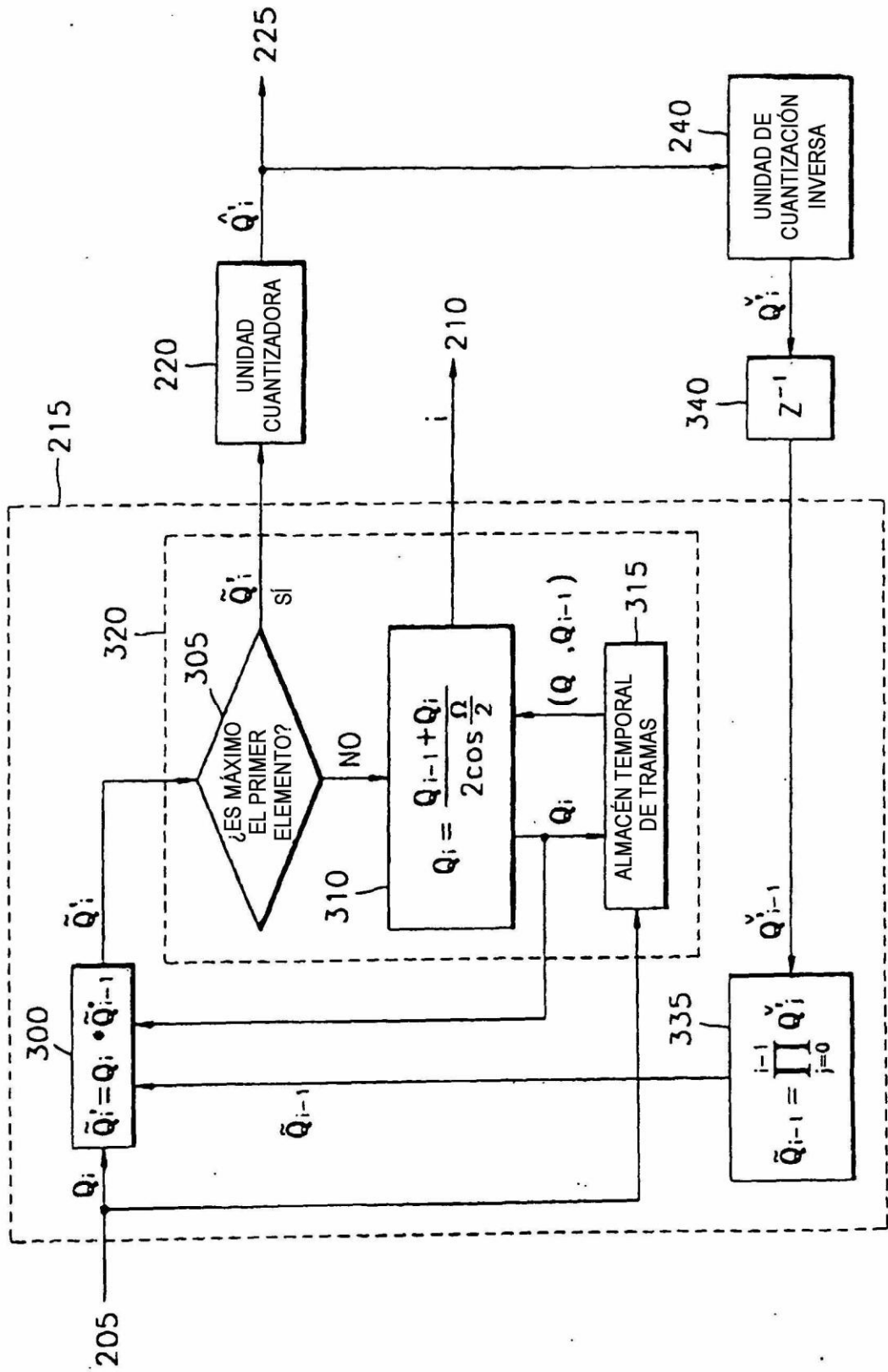
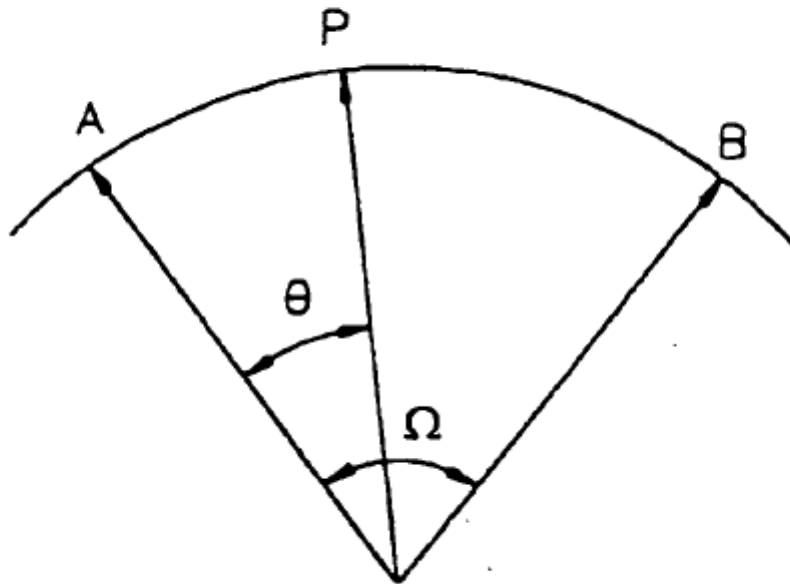




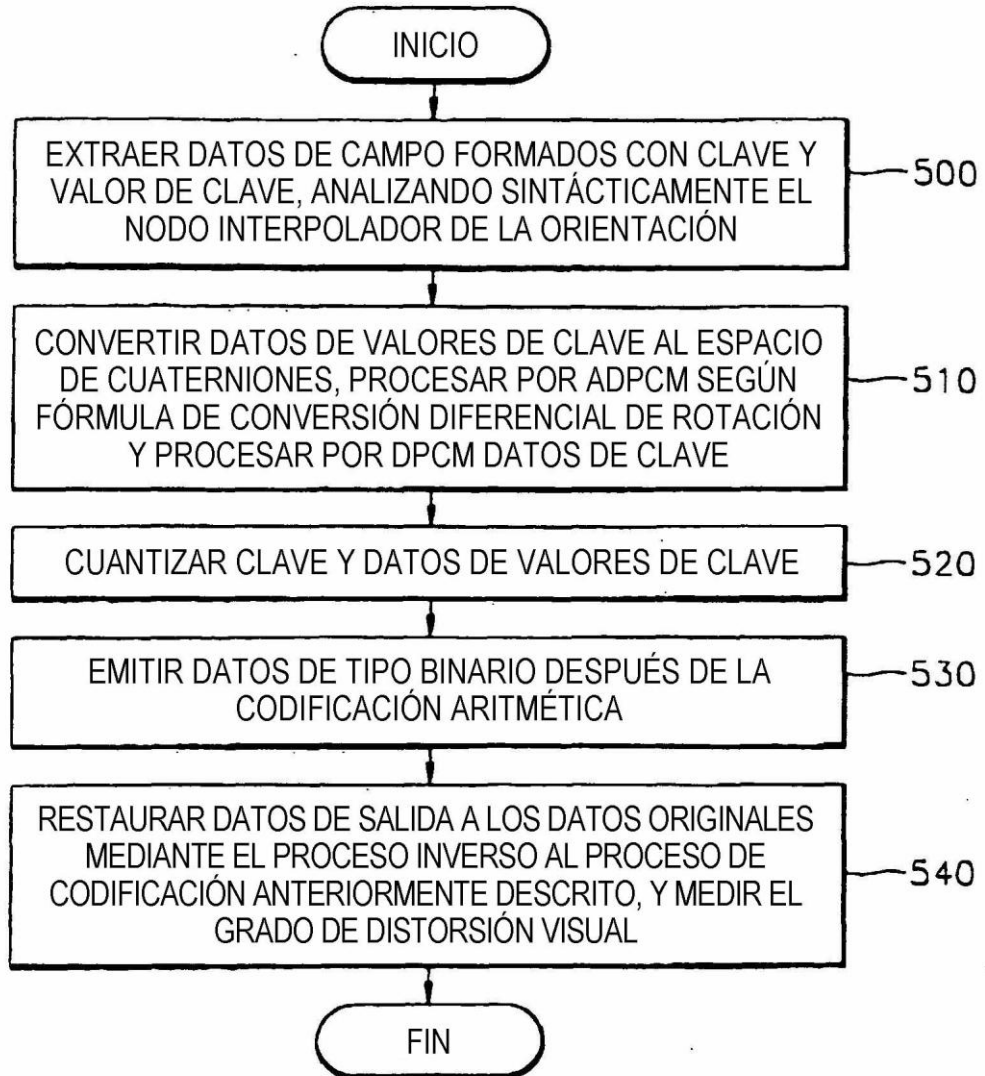
FIG. 3



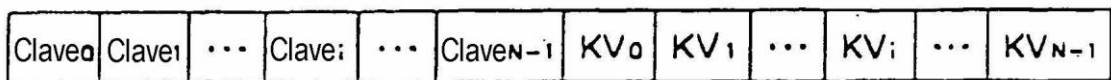
**FIG. 4**



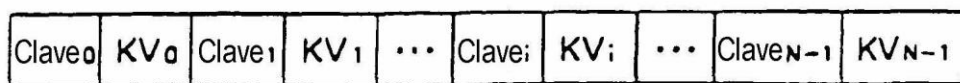
**FIG. 5**



**FIG. 6**



(a) ESTRUCTURA DE FLUJO CON RETARDO



(b) ESTRUCTURA DE FLUJO PARA PROCESAMIENTO EN TIEMPO REAL

**FIG. 7**

(a) BIFS DE MPEG-4 DE TÉCNICA ANTERIOR

Clase CuantizarCampo (DatosCampo campo) {	Tipo de datos	Número de bits
switch (campo.tipoCuant) {		
case 9 :		
dirección ;	int	1
case 10 :		
orientación ;	int	2
omisión :		
break ;		
}		
}		

(b) BIFS DE MPEG-4 MEJORADO

Clase CuantizarCampo (DatosCampo campo) {	Tipo de datos	Número de bits
switch (campo.tipoCuant) {		
case 9 :		
dirección ;	int	1
case 10 :		
if (esPrimerCampo)		
orientación ;	int	2
omisión :		
break ;		
}		
}		

FIG. 8

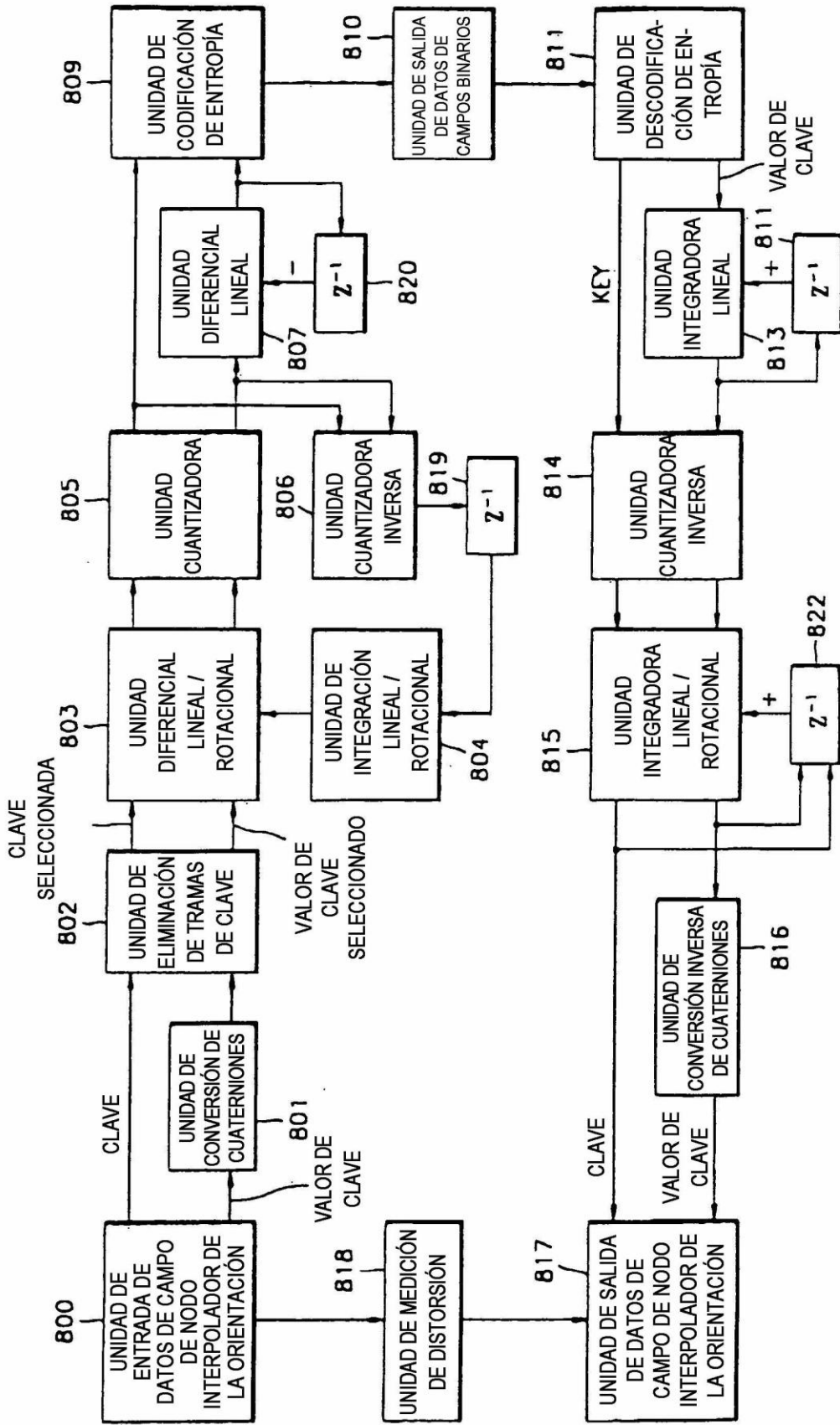


FIG. 9

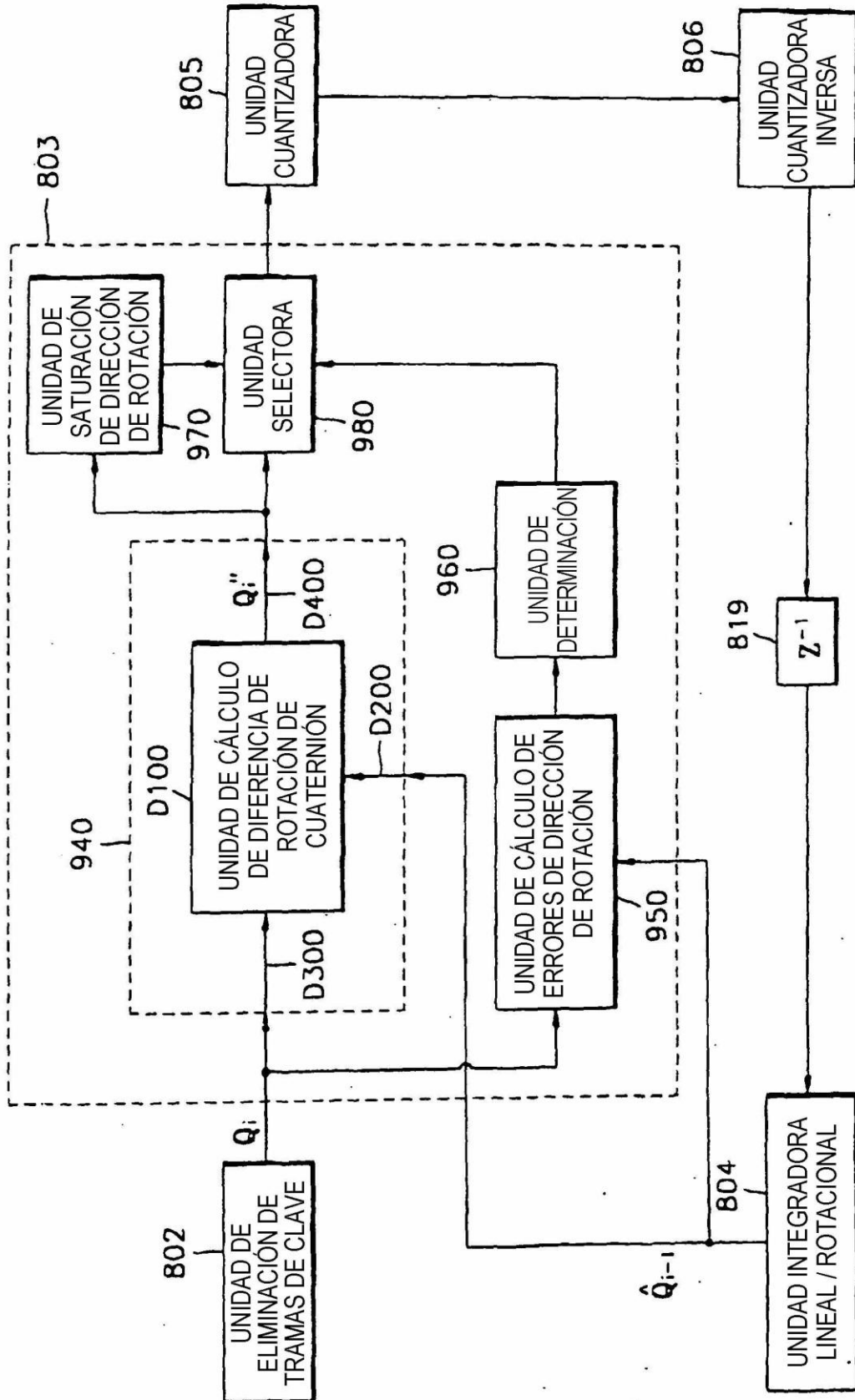


FIG. 10

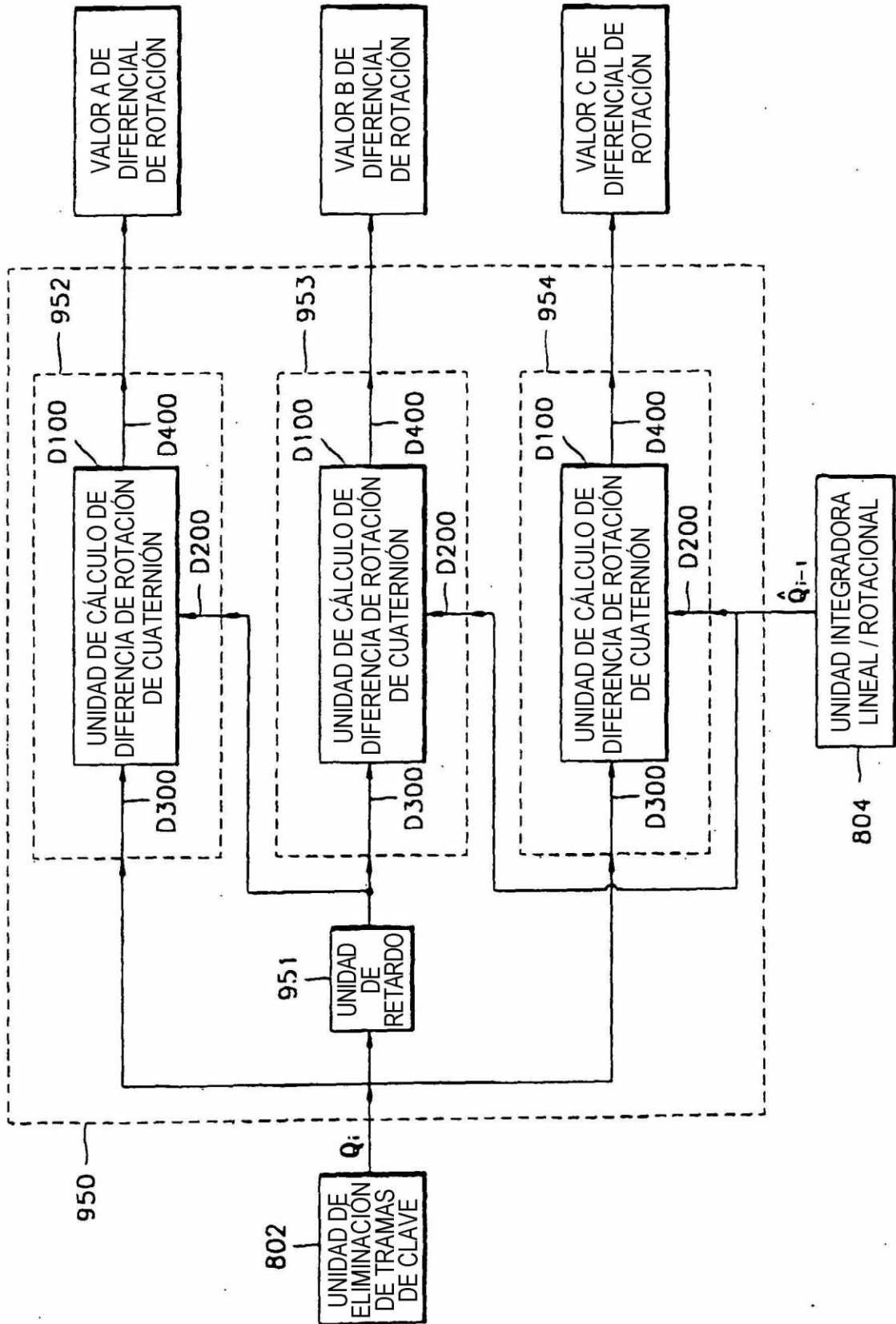


FIG. 11

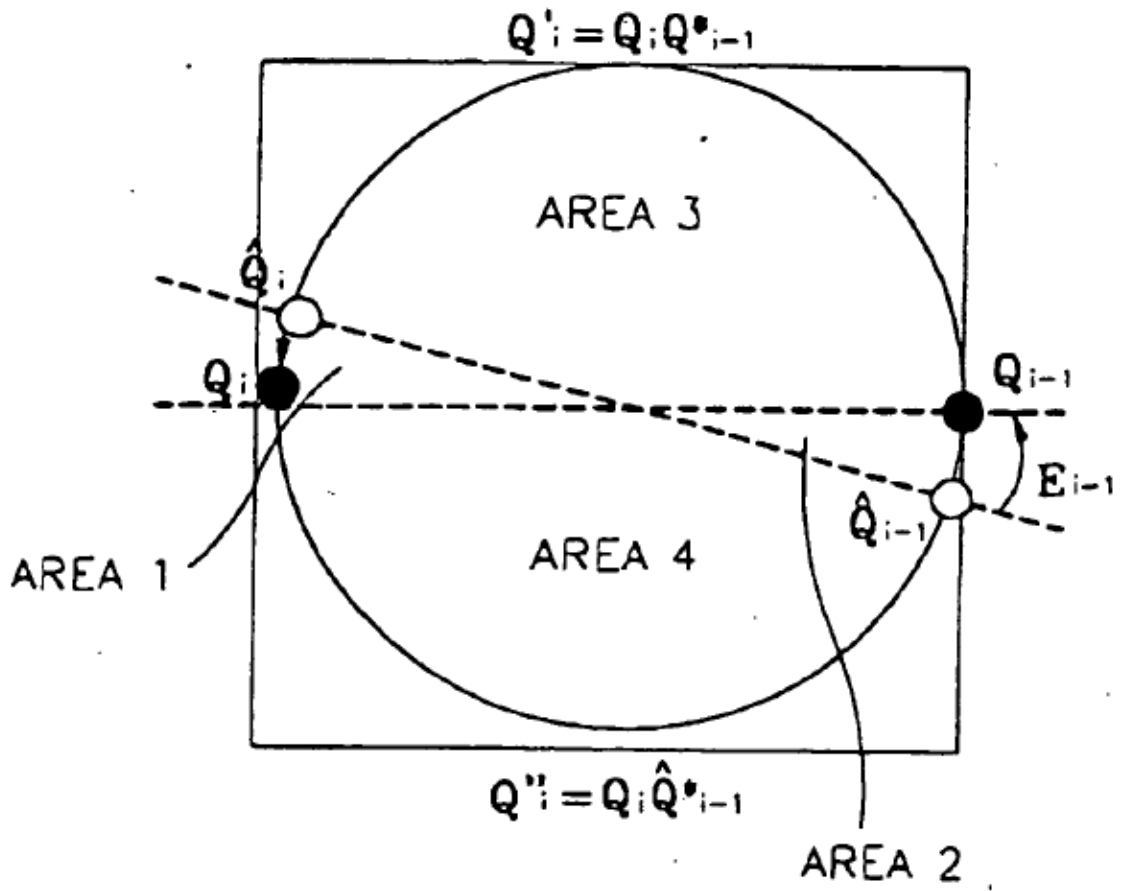
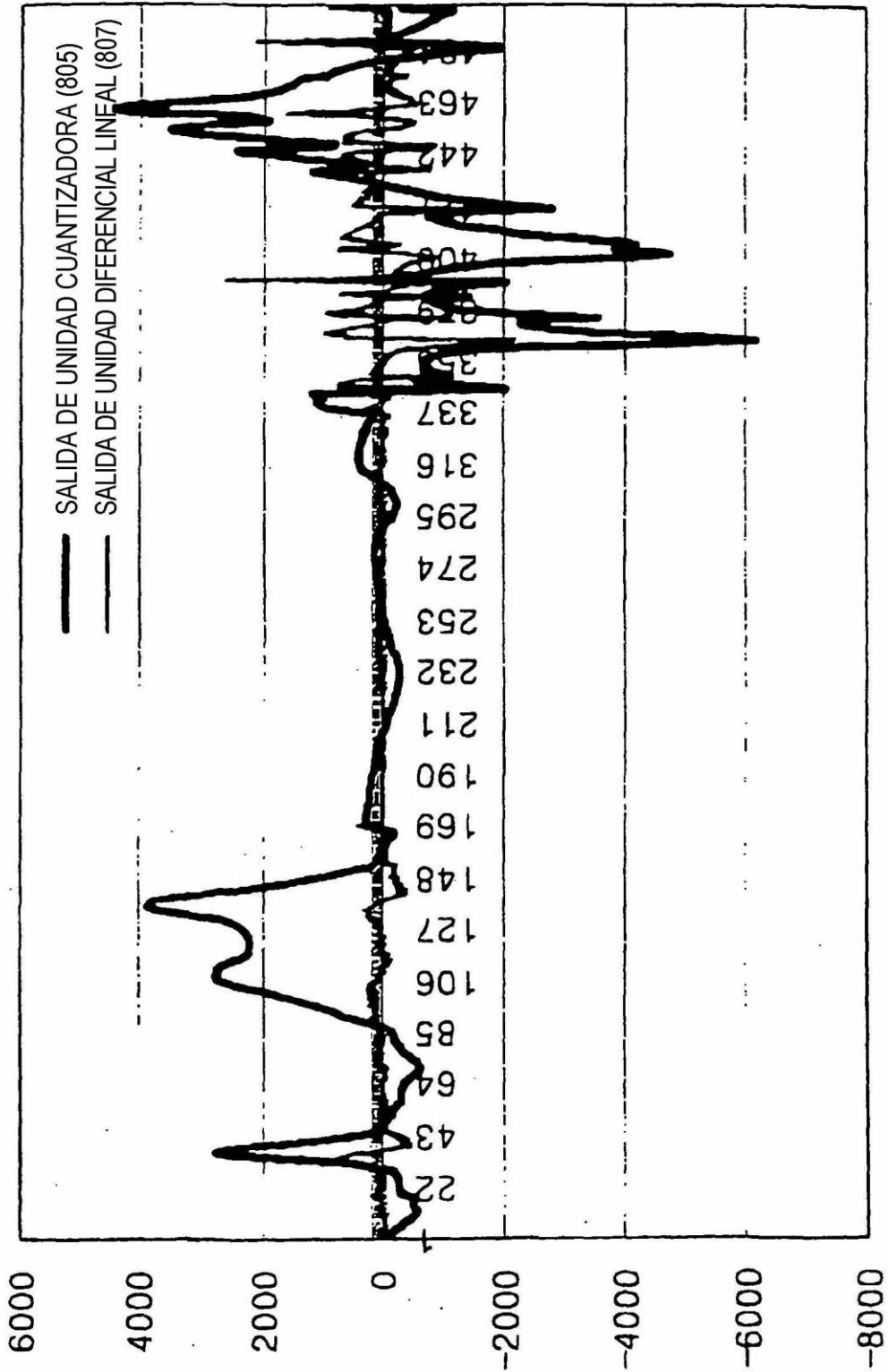




FIG. 12



**FIG. 13**

(a) BIFS DE MPEG-4 DE TÉCNICA ANTERIOR

Clase CuantizarCampo (DatosCampo campo) {	Tipo de datos	Número de bits
switch (campo.tipoCuant) {		
case 9 :		
dirección ;	int	1
case 10 :		
orientación ;	int	2
omisión :		
break ;		
}		
}		

(b) BIFS DE MPEG-4 MEJORADO

Clase CuantizarCampo (DatosCampo campo) {	Tipo de datos	Número de bits
switch (campo.tipoCuant) {		
case 9 :		
dirección ;	int	1
case 10:		
omisión :		
break ;		
}		
}		

FIG. 14

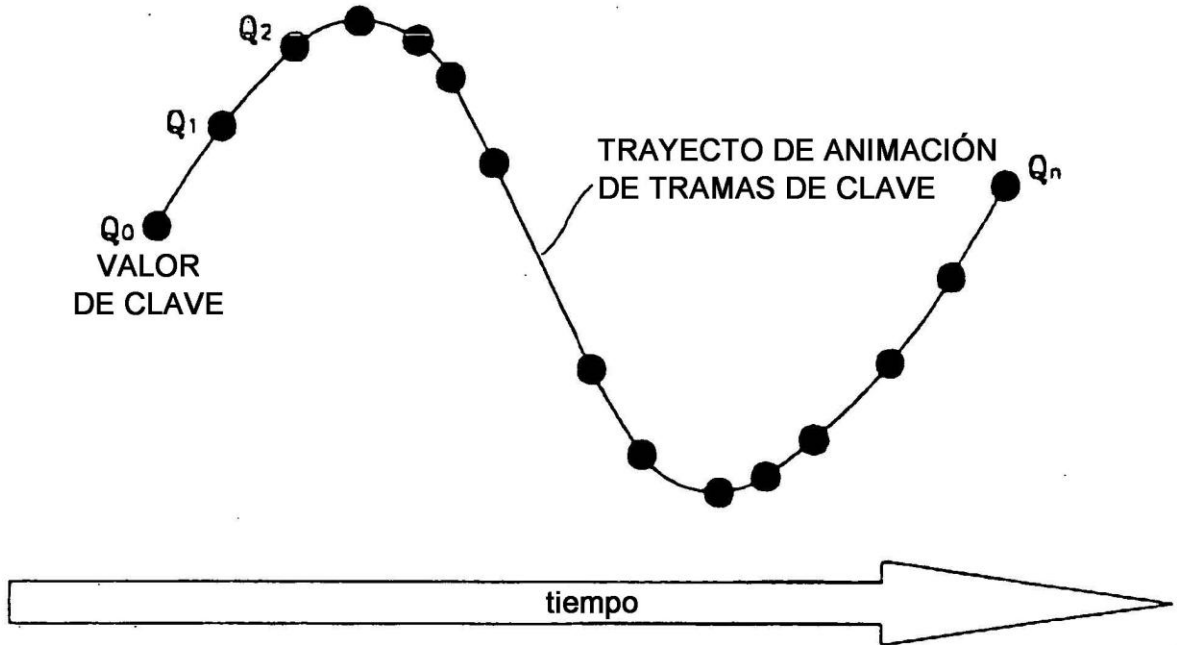


FIG. 15

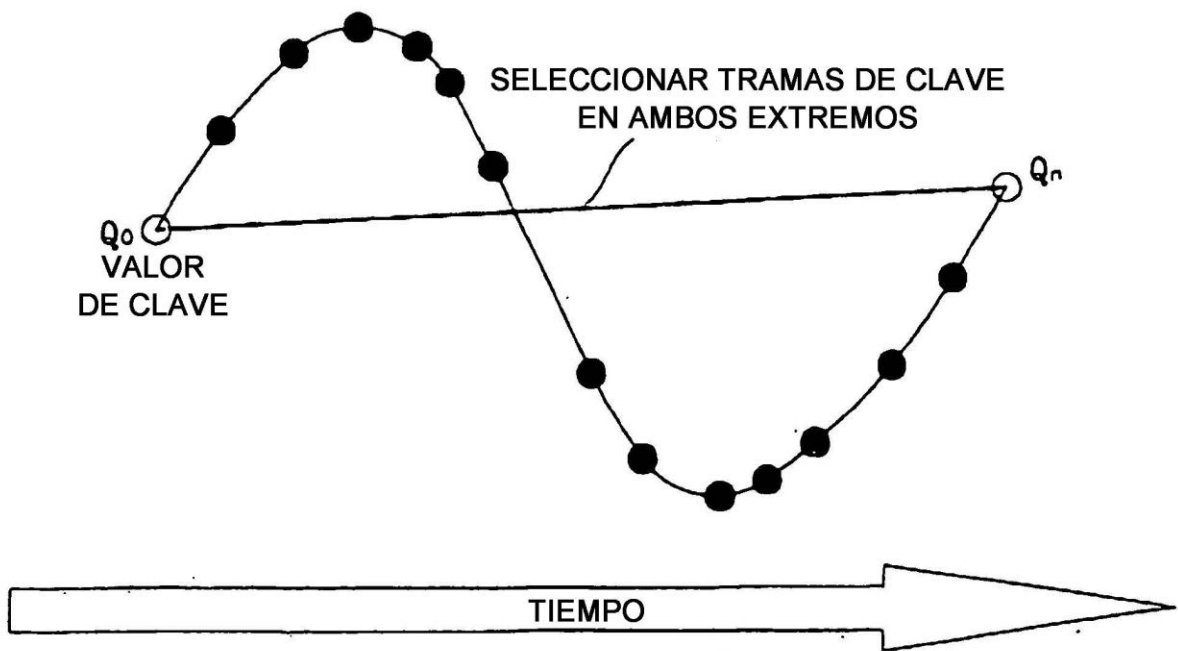


FIG. 16

REALIZAR INTERPOLACIÓN LINEAL ESFÉRICA  
ENTRE TRAMAS DE CLAVE SELECCIONADAS

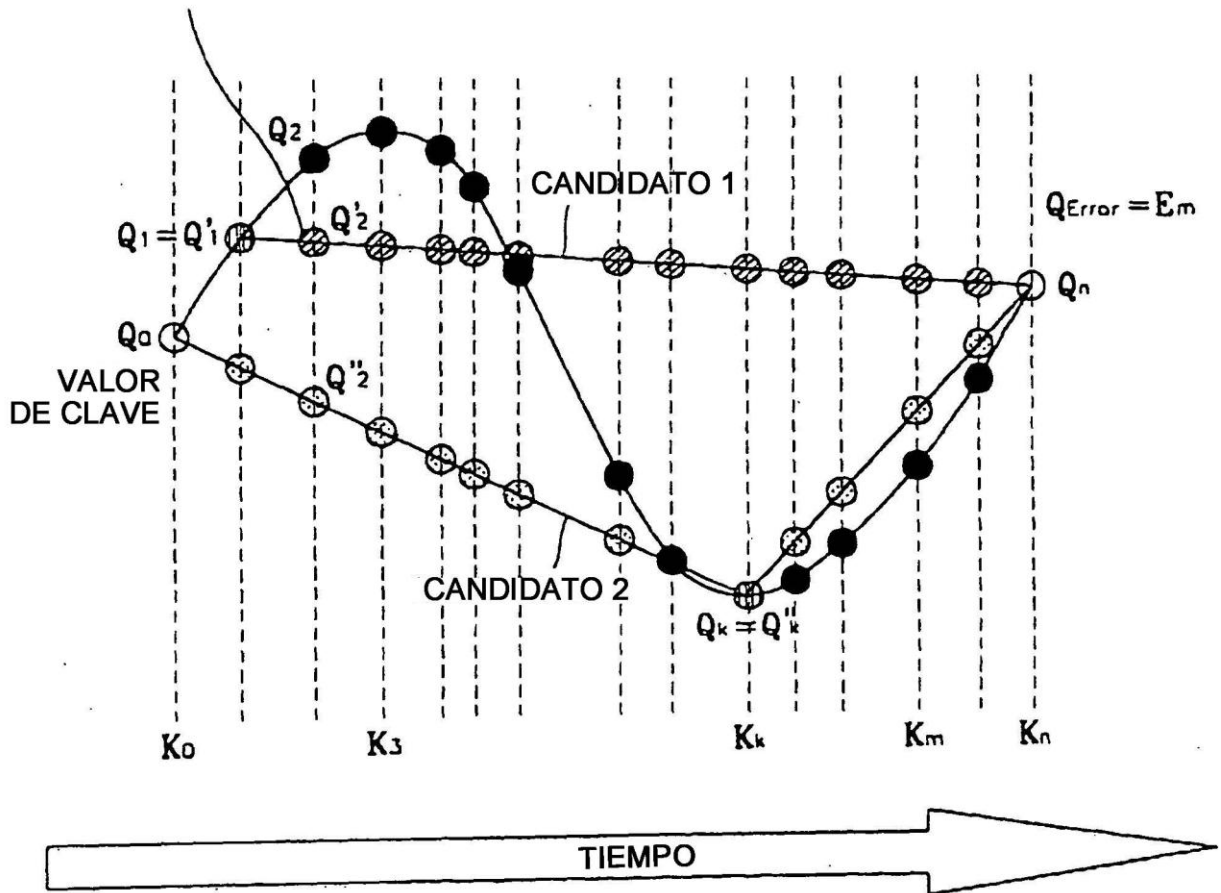


FIG. 17

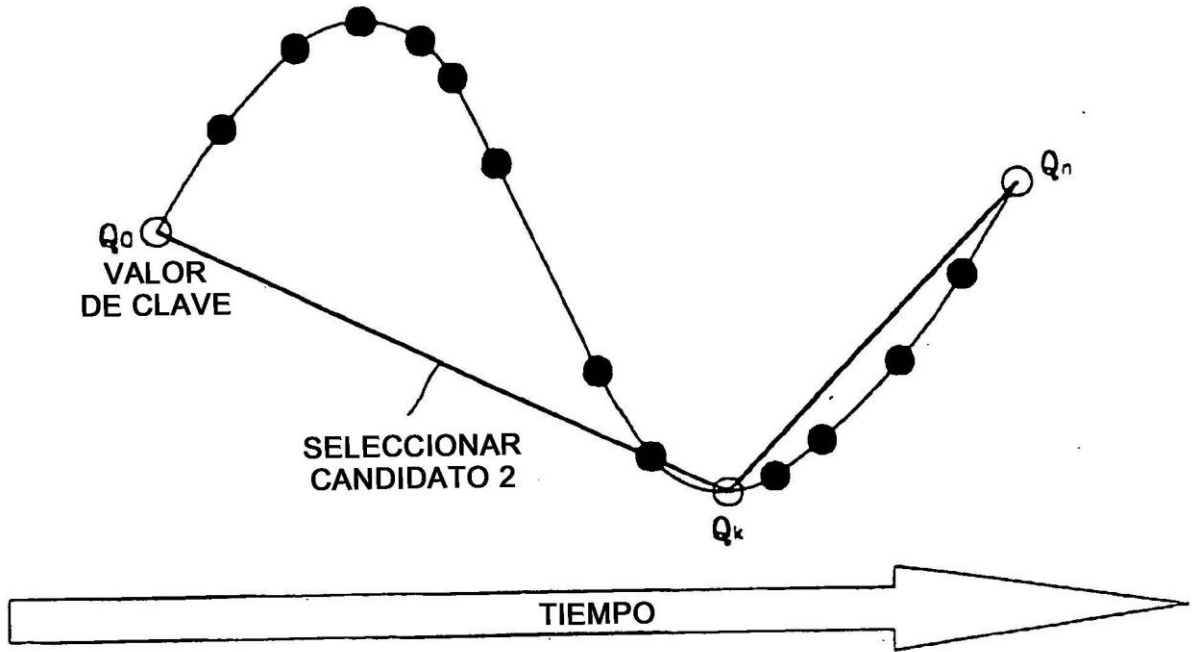


FIG. 18

REALIZAR INTERPOLACIÓN LINEAL ESFÉRICA  
ENTRE TRAMAS DE CLAVE SELECCIONADAS

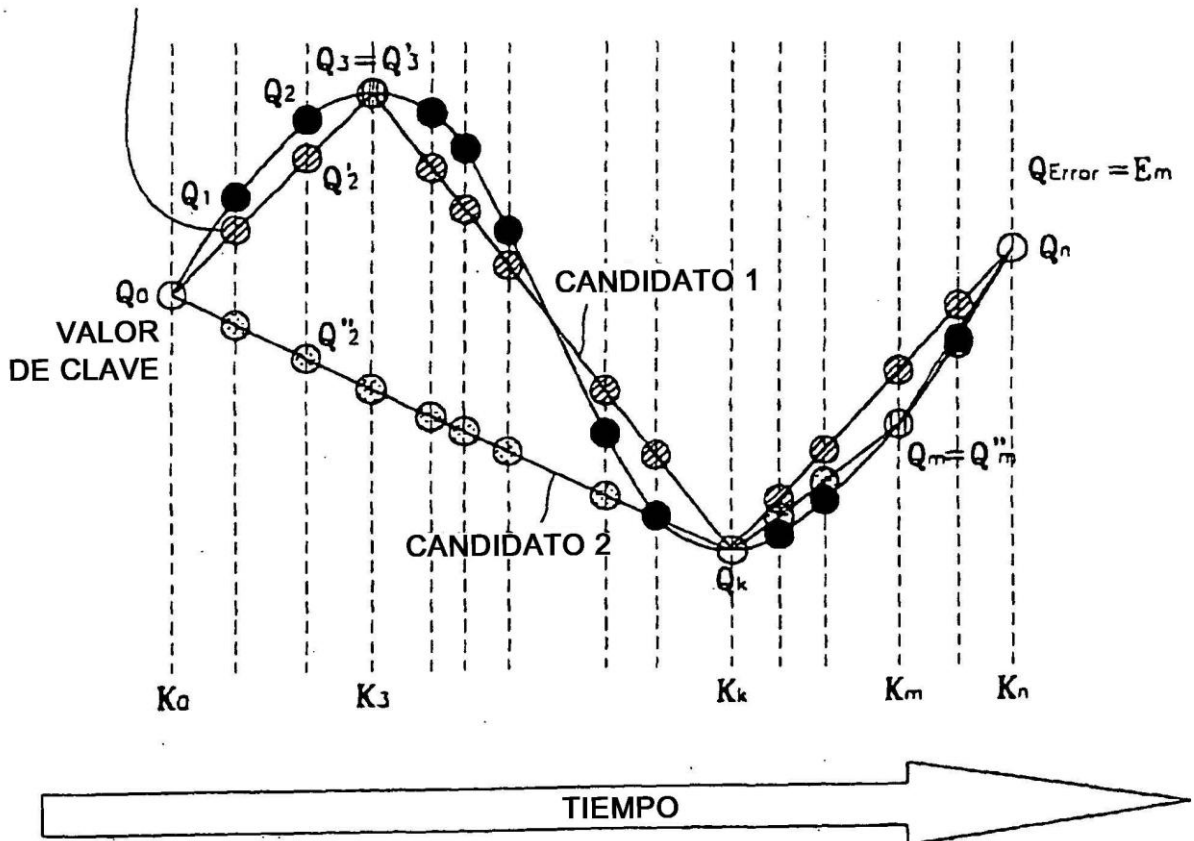


FIG. 19

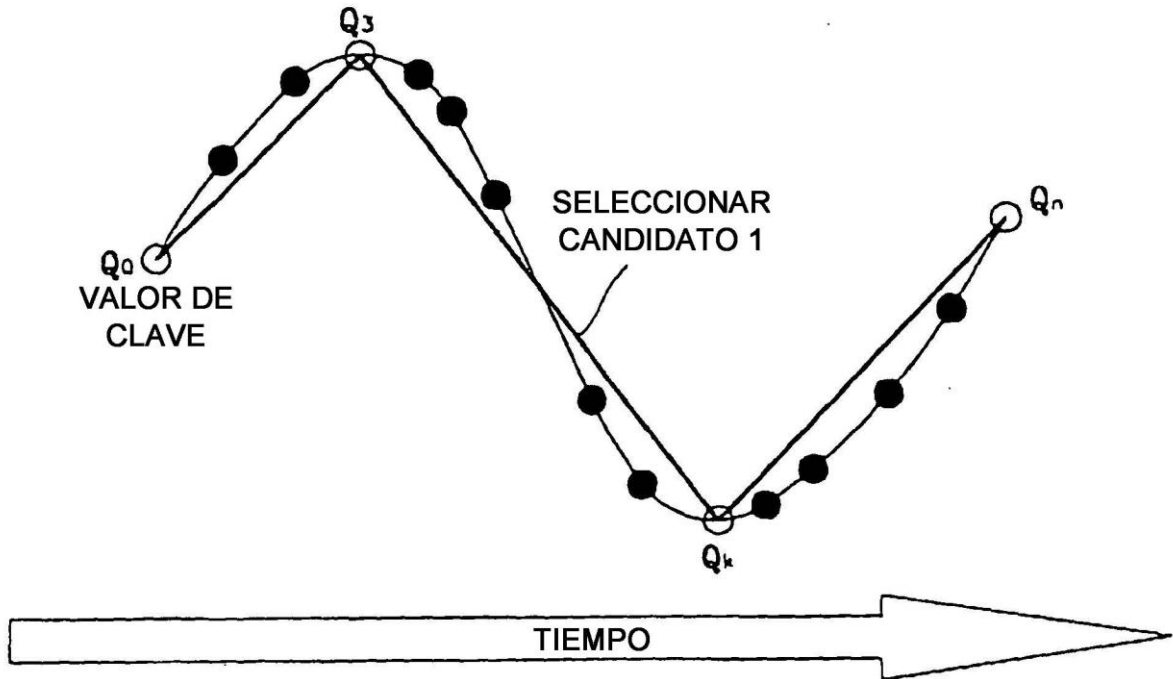


FIG. 20A

InterpoladorDeOrientaciónComprimido ()	Nº de bits	Mnémonico
{		
decodeAAC_start();		
nKeyQBit	5	uimsbf
nKeyValueQBit	5	uimsbf
nNumKeyCodingBit	5	uimsbf
nNumKey	D-32	
nFirstQKey	nKeyQBit	
nKeyMin	nKeyQBit	
nKeyCodingBit	5	
m_dDPCMOrder	1	
if(m_dDPCMOrder == 0)		
{		
nSign	1	
nFirstQKV.s	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nFirstQKV.x	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nFirstQKV.y	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nFirstQKV.z	nKeyValue QBit-1	
nKeyValueCodingBit[0]	5	
nKeyValueCodingBit[1]	5	
nKeyValueCodingBit[2]	5	
bytealigned();		
for(i = 0; i < nNumKey-1; i++)		
{		
decodeAAC(DeltaKey[i], Key_Context);		vclbif
}		
}		



**FIG. 20B**

InterpoladorDeOrientaciónComprimido ()	Nº de bits	Mnémonico
for(i = 0; i < nNumKey-1; i++)		
{		
decodeAAC(DeltaKeyValue[i].x, KVX_context);		vlc1bf
}		
for(i = 0; i < nNumKey-1; i++)		
{		
decodeAAC(DeltaKeyValue[i].y, KVV_context);		vlc1bf
}		
for(i = 0; i < nNumKey-1; i++)		
{		
decodeAAC(DeltaKeyValue[i].z, KVZ_context);		vlc1bf
}		
bytealigned();		
decodeAAC_finish();		
Inv_Quantize(nFirstQKey);		
for(i = 1; i < nNumKey; i++)		
{		
Inv_Quantize(DeltaKey[i-1]);		
}		
Inv_Quantize(nFirstQKV);		
for(i = 1; i < nNumKey; i++)		
{		
Inv_Quantize(DeltaKeyValue[i-1]);		
}		
}		
else if(m_dPCMOrder == 1)		
{		
nSign	1	
nFirstQKV.s	nKeyValue QBit-1	

FIG. 20C

InterpoladorDeOrientaciónComprimido ()	Nº de bits	Mnémonico
nSign	1	
nFirstQKV.x	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nFirstQKV.y	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nFirstQKV.z	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nSecondQKV.s	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nSecondQKV.x	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nSecondQKV.y	nKeyValue QBit-1	
nSign	1	
nSecondQKV.z	nKeyValue QBit-1	
if(nNumKey > 2)		
{		
nKeyValueCodingBit[0]	5	
nKeyValueCodingBit[1]	5	
nKeyValueCodingBit[2]	5	
}		
bytealigned();		
for(i = 0; i < nNumKey-1; i++)		
{		
decodeAAC(DeltaKey[i], Key_Context);		vclbf
}		
for(i = 0; i < nNumKey-2; i++)		

**FIG. 20D**

InterpoladorDeOrientaciónComprimido ()	Nº de bits	Mnémonico
{		
decodeAAC(ReDPCMValue[i].x, KVX_context);		vlclbf
}		
for(i = 0; i < nNumKey-2; i++)		
{		
decodeAAC(ReDPCMValue[i].y, KVY_context);		vlclbf
}		
for(i = 0; i < nNumKey-2; i++)		
{		
decodeAAC(ReDPCMValue[i].z, KVZ_context);		vlclbf
}		
bytealigned();		
decodeAAC_finish();		
Inv_Quantize(nFirstQKey);		
for(i = 1; i < nNumKey; i++)		
{		
Inv_Quantize(DeltaKey[i-1]);		
}		
decode_redpcm(nFirstQKV, nSecondQKV, ReDPCMValue, DeltaKey Value):		
Inv_Quantize(DeltaKeyValue[0]);		
for(i = 1; i < nNumKey; i++)		
{		
Inv_Quantize(DeltaKeyValue [i]);		
}		
}		
}		

FIG. 21

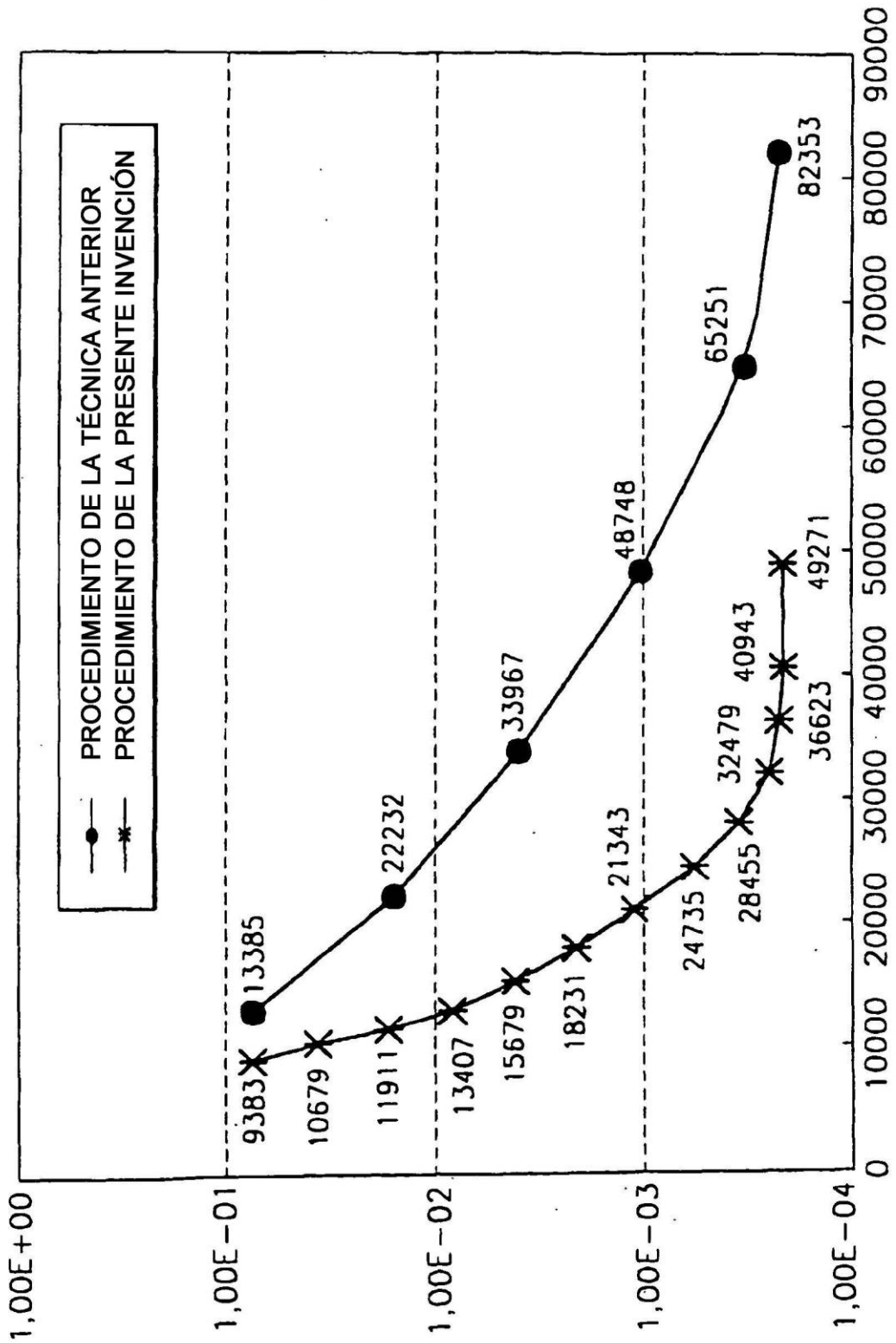


FIG. 22

