



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 284 787**

51 Int. Cl.:  
**H04N 7/26** (2006.01)  
**G06T 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02251394 .9**  
86 Fecha de presentación : **27.02.2002**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1239680**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **11.09.2002**

54 Título: **Procedimiento y equipo de codificación de información de un objeto en 3D.**

30 Prioridad: **28.02.2001 KR 10-2001-0010603**  
**07.07.2001 KR 10-2001-0040708**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.11.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2007**

73 Titular/es: **SAMSUNG ELECTRONICS Co., Ltd.**  
**416, Maetan-dong, Paldal-gu**  
**Suwon-City, Kyungki-do, KR**

72 Inventor/es: **Sung-jin, Kim y**  
**Shin-jun, Lee**

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 284 787 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

Procedimiento y equipo de codificación de información de un objeto en 3D.

5 La presente invención se refiere a la compresión de datos, y de manera más concreta, a un procedimiento y equipo de codificación de información de la deformación de un objeto en 3 dimensiones (3D).

10 Se sabe que se usa la presentación en 3 dimensiones (3D), por ejemplo, en juegos de ordenador o en los entornos del mundo de la realidad virtual en un sistema informático. En el caso de los modelos en 3D, el medio principal para expresar objetos en 3D ha sido un Lenguaje de Modelación de la Realidad Virtual (VRML).

15 En el VRML, un objeto en 3D se expresa en forma de una malla poligonal, y se lleva a cabo la animación del objeto mediante un procedimiento lineal de entramado clave. En este procedimiento de animación se ajusta un entramado clave predeterminado sobre un eje temporal arbitrario, y se interpolan los datos de animación entre cada entramado clave mediante un procedimiento de interpolación lineal. Se define un entramado clave usado en este procedimiento mediante un nodo interpolador, que se forma con los datos de campo, expresados como datos clave que indican la posición del entramado clave sobre un eje temporal, y los datos de valores clave que indican la información de los atributos del entramado clave en una clave correspondiente.

20 Sin embargo, cuando se expresa una animación suave similar a la de un cuerpo en movimiento real mediante el procedimiento de entramado clave que tiene la propiedad de interpolación lineal a trazos, una gran cantidad de información del entramado clave deberá proporcionarse mediante nodos interpoladores, lo que produce un serio problema de coste y eficiencia. Cuando se usa el procedimiento de entramado clave fuera de línea, se necesita un equipo de almacenamiento de gran capacidad para almacenar la enorme cantidad de datos de animación en 3D. Cuando se usa el procedimiento de entramado clave en línea, de manera adicional a la gran capacidad de almacenamiento del equipo, la transmisión de datos de animación en 3D desde un servidor a los terminales requiere una velocidad muy alta y una gran capacidad de rutas de transmisión, y disminuye la fiabilidad de los datos en línea con el aumento de la probabilidad de error en la transmisión. Por tanto, se necesita un procedimiento de compresión y codificación eficiente con el fin de reducir la cantidad de datos del nodo interpolador.

30 Para esto, se usa un procedimiento de codificación de Modulación de Impulsos Codificados Diferenciales (DPCM), tal como se muestra en la Fig. 1. En el procedimiento DPCM, únicamente se codifica el valor de la diferencia de los datos de tal manera que disminuye el número de bits. Se usa el procedimiento DPCM en los datos de compresión acoplado con el procedimiento de entramado clave. También se usa el procedimiento DPCM en el Formato Binario MPEG-4 para Escenarios (BIFS).

35 En referencia a la Fig. 1, un analizador sintáctico 105 identifica la información de los datos de un nodo interpolador que se va a codificar. Un desmultiplexor digital 110 clasifica los datos de campo del nodo interpolador que se va a codificar entre los nodos interpoladores. De manera más específica, el desmultiplexor digital recibe un nodo Interpolador Coordinado (CI) desde el analizador sintáctico 105, y las salidas de datos de campo formadas por una clave ( $Q^k$ ) y los valores clave ( $Q^{kv}$ ) que corresponden al nodo. Un procesador DPCM 120 recibe los datos de campo del nodo CI, divide la clave y los valores clave, y elimina la redundancia temporal entre los datos, generando cada valor diferencial ( $E^k, E^{kv}$ ) de claves adyacentes y los datos de valores clave.

45 La Fig. 2 es un diagrama detallado del procesador DPCM de la Fig. 1. En referencia a la Fig. 2, cuando se genera un valor diferencial de un valor que se va a codificar en tiempo real, un cuantizador inverso 122 elabora los datos previos sobre el mismo eje temporal como un valor reconstruido en un equipo de decodificación 150.

50 De nuevo en referencia a la Fig. 1, un cuantizador 130 recibe los valores diferenciales generados de esta manera ( $E^k, E^{kv}$ ), y ajusta el grado de precisión de la expresión de los datos que se van a codificar de tal manera que proporciona los efectos de compresión de los datos. Un codificador de la entropía 135 recibe los valores ( $\hat{E}^k, \hat{E}^{kv}$ ) cuantizados en el cuantizador 130, elimina la redundancia entre los bits con respecto a la probabilidad de la incidencia del símbolo, y genera una corriente de bits comprimidos 140. la corriente de bits 140 generada por el equipo de codificación 100 de la Fig. 1 se reconstruye en el nodo CI, que se codificó, mediante el equipo de decodificación 150 que lleva a cabo la inversa del proceso llevado a cabo por el equipo de codificación 100.

60 Sin embargo, en la eliminación de la redundancia de datos que existen en los datos de campo del nodo interpolador, el equipo de codificación 100 y el equipo de decodificación 150 que tienen las estructuras anteriormente descritas eliminan únicamente la redundancia de datos con respecto a la correlación espacial de los vértices que conforman la forma del objeto en 3D. De esta manera, la redundancia de datos con respecto a la correlación temporal, que se produce mucho en la animación de tipo entramado clave, no se considera en su totalidad y por tanto es difícil mejorar el efecto de compresión real.

65 Se describe en Taubin y col. en "Geometry Coding and VRML", Proceedings of the IEEE, IEEE Nueva York, US, vol. 86 n° 6, 6 de Junio de 1998, páginas 1228-1243, XP000669803, una tecnología de compresión geométrica topológicamente asistida que produce la reducción de los tamaños de fichero. En el esquema de compresión topológicamente asistida, se representa un poliedro usando dos árboles de engranaje. Se puede derivar directamente la conectividad de la información representada en otros esquemas compactos a partir de esta representación.

## ES 2 284 787 T3

En "A Breadth-First Approach to Efficient Mesh Traversal" de Mitra T y col. (Proceedings of the Eurographics/Siggraph Workshop on Graphics Hardware, Nueva York, US, vol. Workshop 2, 31 de Agosto de 1998, páginas 31-38, XP001016989) se propone una solución primero en anchura para el trazado poligonal de las mallas de triángulos que reduce la redundancia del vértice a algo muy próximo al mínimo teórico.

5

Se describe por M. Bourges-Sevenier en: "Animation framework for MPEG-4 systems", Proc. Of IEEE Int. Conf. of Multimedia and Expo, vol. 2, páginas 1115-1118, XP10513205, 2 de Agosto de 2000 un marco de animación basado en entramados clave y valores clave.

10 La presente invención proporciona un procedimiento de codificación y el equipo para eliminar la redundancia de datos usando la correlación espaciotemporal de datos en la codificación, con respecto al tiempo, y la información de la deformación de un objeto en 3D que se va a codificar.

15 La presente invención proporciona también un procedimiento de codificación y un equipo para generar un vértice de inicio usado para generar información BFS en respuesta a la información de la conectividad de los vértices, con respecto al tiempo, y la información de la deformación de un objeto en 3D que se va a codificar.

20 La presente invención proporciona de manera adicional un procedimiento de codificación y un equipo para compensar el error de cuantización en la codificación, con respecto al tiempo y a la información de la deformación de un objeto en 3D que se va a codificar.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de codificación de acuerdo con la reivindicación 1.

25 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un equipo de codificación de acuerdo con la reivindicación 16.

Los objetos y ventajas anteriores de la presente invención llegarán a ser más aparentes mediante la descripción en detalle de las formas de realización preferidas de los mismos con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

30

La Fig. 1 es un diagrama de bloques de un equipo de codificación y un equipo de decodificación en los que se aplica la Modulación de Impulsos Codificados Delta (DPCM);

35 La Fig. 2 es un diagrama detallado de un procesador DPCM de la Fig. 1;

La Fig. 3 es un diagrama de bloques esquemático de un equipo de codificación y un equipo de decodificación de acuerdo con una primera forma de realización preferida de la presente invención, que considera la correlación espaciotemporal de datos;

40 La Fig. 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de codificación del equipo de codificación de la Fig. 3;

La Fig 5 ilustra un procedimiento para formar el gráfico BFS de una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice de la Fig. 3;

45 La Fig. 6 es un diagrama de bloques detallado de una forma de realización preferida de una unidad de procesamiento mediante Modulación de Impulsos Codificados Delta Adaptable (ADPCM) de la Fig. 3;

La Fig. 7 es un diagrama de bloques detallado de una forma de realización preferida de un generador del valor diferencial de la Fig. 6;

50

La Fig. 8 ilustra un procedimiento de cálculo para obtener un valor diferencial de los valores clave de un generador inter-vértice de valores diferenciales de la Fig. 7;

La Fig. 9 ilustra un procedimiento de predicción para extraer la redundancia de datos de un predictor de la Fig. 6;

55

La Fig. 10 es un diagrama de un ejemplo de la estructura de una corriente de bits generada por el equipo de codificación de la Fig. 3;

La Fig. 11 es un diagrama de un ejemplo de la estructura de un gráfico de Búsqueda Primero en Anchura (BFS);

60

La Fig. 12 es un diagrama de bloques esquemático de un equipo de codificación y un equipo de descodificación de acuerdo con una segunda forma de realización preferida de la presente invención, en el que se compensa el error de cuantización;

65 La Fig. 13 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento de codificación del equipo de codificación de la Fig. 12;

## ES 2 284 787 T3

La Fig. 14 es un diagrama de bloques detallado de una forma de realización preferida de una unidad de procesamiento ADPCM de la Fig. 12;

La Fig. 15 ilustra un procedimiento de predicción para extraer la redundancia de datos del predictor de la Fig. 14;

La Fig. 16 es un diagrama de bloques de una forma de realización preferida de un procesador DPCM de la Fig. 14, en el que se compensa el error de cuantización;

La Fig. 17 es un diagrama de bloques de un equipo de codificación y un equipo de decodificación de acuerdo con una tercera forma de realización preferida de la presente invención, que tiene una función para generar un nodo de inicio;

La Fig. 18 es un diagrama de bloques de un equipo de codificación y un equipo de decodificación de acuerdo con una cuarta forma de realización preferida de la presente invención, en el que se compensa el error de cuantización;

La Fig. 19 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento para generar una búsqueda del nodo de inicio de una búsqueda del generador del nodo de inicio de las Figs. 17 y 18;

La Fig. 20 es un diagrama de bloques detallado de una unidad de generación de las etapas de cuantización de los bits de codificación de las Figs. 17 y 18;

La Fig. 21 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento de cálculo de las etapas de cuantización que se lleva a cabo mediante el generador de las etapas de cuantización de la Fig. 20; y

La Fig. 22 es un diagrama de un ejemplo de la estructura de una corriente de bits generada por los equipos de codificación de las Figs. 17 y 18.

En la codificación, con respecto al tiempo, de la información sobre la deformación de un objeto en 3D que se va a codificar, se elimina la redundancia de datos usando la correlación espaciotemporal. Aquí, se obtiene la correlación espaciotemporal definiendo la conectividad de los vértices que conforman la forma del objeto en 3D. Se define la conectividad usando un procedimiento de Búsqueda Primero en Anchura (BFS), tal como se muestra en la Fig. 11. También se define la correlación temporal de datos mediante un procedimiento para reconstruir los valores característicos del grado de cambio de los valores clave sobre un eje temporal, que se definen mediante una clave de acuerdo con el procedimiento del entramado clave que tiene la propiedad de interpolación lineal de trazos, con respecto a la correlación entre los vértices definidos por el BFS. Al inicio de un BFS en la presente invención, se busca un vértice de inicio (Start) que permita una codificación más eficiente, y usando la búsqueda del vértice de inicio, se genera un gráfico BFS más eficiente. De esta manera, los valores clave de un nodo CI están codificados de manera eficiente. De manera adicional, en la presente invención, evitando la acumulación de los errores de cuantización, excluyendo un vértice correspondiente, durante la decodificación de un objeto en 3D, se evita dividir la reconstrucción de cada parte del objeto. Por tanto, en un objeto en 3D que se expresa en forma de una malla poligonal o una malla paramétrica, se puede comprimir, codificar y decodificar de manera eficiente una cantidad enorme de información de valores clave de datos de animación gráfica en 3D que se proporciona en forma de información de la deformación del objeto en 3D en el lapso de tiempo.

En las Figs. 3 y 12, de manera respectiva, se muestran las estructuras completas de los equipos de codificación y decodificación de acuerdo con una primera forma de realización preferida y una segunda forma de realización preferida de la presente invención. En las Figs. 17 y 18, de manera respectiva, se muestran las estructuras completas de los equipos de codificación y decodificación de acuerdo con una tercera forma de realización preferida y una cuarta forma de realización preferida de la presente invención. Tal como se explicará posteriormente, las características funcionales entre los dos sistemas de las Figs. 3 y 12, o entre los dos sistemas de las Figs. 17 y 18 se encuentran en los procedimientos para expresar una forma en 3D y las localizaciones de las unidades de cuantización.

La Fig. 3 es un diagrama de bloques esquemático de un equipo de codificación y un equipo de decodificación en una primera forma de realización de la presente invención, que considera la correlación de los datos espaciotemporales y la Fig. 4 es un diagrama de flujo para explicar el procedimiento de codificación del equipo de codificación de la Fig 3.

En referencia a las Figs. 3 y 4, un aparato de codificación 200 de la primera forma de realización de la presente invención incluye un analizador sintáctico 205, un desmultiplexor 210, una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215, una unidad de procesamiento de la Modulación de Impulsos Codificado Diferencial Adaptable (ADPCM) 220, una unidad de cuantización 230, y una unidad de codificación de la entropía 235. Para llevar a cabo la inversa del proceso de codificación, un equipo de descodificación 250 incluye una unidad de decodificación de la entropía 255, un desmultiplexor 260, una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 265, una unidad de cuantización inversa 270, una unidad ADPCM inversa 275, y un tampón 280. Aquí, el equipo de decodificación 250 lleva a cabo la inversa del proceso de codificación realizado en el equipo de codificación 200. Por tanto, únicamente por brevedad, se explicara la operación de codificación del equipo de codificación 200.

En primer lugar, el equipo de codificación 200 analiza sintácticamente la información del nodo acerca de un objeto en 3D mediante el analizador sintáctico 205, y extrae las claves, los valores clave, y la información relacionada en la etapa 2050. El analizador sintáctico 205 clasifica los nodos del Interpolador Coordinado (CI) y los nodos del Conjunto de Caras Indexadas (IFS), mediante la información del nodo de análisis sintáctico de un objeto en 3D que se va a codificar. En la presente invención se considera la codificación de los nodos CI. Los nodos CI se usan para proporcionar una función de deformación, tal como el morfeado, para la información del vértice de un objeto en 3D. El desmultiplexor 210 recibe los nodos CI y los nodos IFS separados, y les proporciona la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215 y la unidad de procesamiento ADPCM 220. Aquí, se proporcionan los nodos IFS como la información a la que se va a referir para generar la información diferencial del primer entramado clave del nodo CI. Haciendo lo anterior, se reduce de manera eficiente la cantidad de datos del entramado clave definido en la primera posición clave de cada nodo CI debido a que los nodos CI y los nodos IFS tienen una correspondencia 1:1.

Con el fin de generar la información de la conectividad entre los vértices, la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215 recibe los datos de campo Coordldx (Cldx) de un nodo IFS desde el desmultiplexor 210 y forma la información BFS en la etapa 2150. Se usa la información BFS en la definición de la correlación espacial entre los vértices en la unidad de procesamiento ADPCM 220.

Tal como se muestra en la Fig. 11, la información BFS se redefine a partir de la información de la forma de un objeto en 3D que tiene una estructura de malla poligonal tal como la de una estructura gráfica de tipo BFS. La información BFS forma todos los vértices adyacentes a un vértice arbitrario en los nodos hijos de tal manera que expresa la correlación de datos espaciales. Se puede usar la correlación de datos espaciales definidos de esta manera para la eliminación eficiente de la redundancia de datos en la codificación usando la propiedad de que los vértices adyacentes en un espacio en 3D tienen vectores similares de movimiento, cuando se deforma un objeto en 3D sobre un eje temporal.

La unidad de procesamiento ADPCM 220 recibe la información BFS generada en la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215, las claves ( $Q^K$ ) y los valores clave ( $Q^{KV}$ ) que corresponden al nodo CI, y un Coordinado (Coord) de un nodo IFS desde el multiplexor 210. A continuación, la unidad de procesamiento ADPCM 220 genera cada valor diferencial ( $E^K$ ,  $E^{KV}$ ) de las claves, a partir de los cuales se elimina la redundancia de datos temporales, y los valores clave, a partir de los cuales se elimina la redundancia espaciotemporal en la etapa 2200.

De esta manera, los valores de posición de los vértices que se van a codificar en el equipo de codificación 200 se convierten en valores diferenciales con el fin de eliminar la redundancia de datos espaciotemporales, y se introducen en la unidad de cuantización 230. La unidad de cuantización 230 ajusta el grado de precisión de la expresión de los datos de valores clave con respecto a los valores de tamaño de la cuantización de tal manera que proporciona los efectos de compresión de los datos reales en la etapa 2300. Los valores cuantizados de los resultados ( $\hat{E}^K$ ,  $\hat{E}^{KV}$ ) se introducen en la unidad de procesamiento ADPCM 220, y en la unidad de codificación de la entropía 235. La unidad de codificación de la entropía 235 elimina la redundancia de bits en los valores cuantizados, usando la probabilidad de incidencia del símbolo bit, y genera una corriente final de bits 240 en la etapa 2350.

En este proceso de codificación, si se cuantizan los valores diferenciales de los valores clave antes de la cuantización y a continuación se reconstruyen, se pueden producir cambios de posición entre cada vértice reconstruido debido al error de cuantización. Por tanto, se puede reconstruir cada parte de un objeto en 3D para una forma en la que cada parte se divide a partir de las otras partes. Se puede evitar esta reconstrucción dividida codificando los valores diferenciales de los valores cuantizados tal como se muestra en la Fig. 12.

La Fig. 5 ilustra un proceso de procesamiento de acuerdo con una forma de realización preferida de una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice de la Fig. 3. En referencia a la Fig. 5, la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215 recibe la información Cldx indicando la forma de la estructura de la malla, almacena información Cldx en una cola en la etapa 2152, y genera un gráfico BFS basado en si se visita o no cada vértice a través de la cola en la etapa 2153. En este momento, con el fin de generar la información BFS final, la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 125 gestiona la cola en la etapa 2155, y la información de si se visita o no cada vértice a través de la cola en las etapas 2151 y 2154. Aquí, de acuerdo con el orden de búsqueda BFS, se define un vértice que es el primero visitado como "-1" como un vértice superior. De esta manera, se forma un gráfico BFS tal como se muestra en la Fig. 11.

La Fig. 6 es un diagrama de bloques detallado de una forma de realización de la unidad de procesamiento ADPCM 220 de la Fig. 3. En referencia a la Fig. 6, la unidad de procesamiento ADPCM 220 incluye un generador del valor diferencial 221, un predictor 222, un multiplexor 223, un procesador DPCM 228 para las claves, y un procesador DPCM 229 para los valores clave. El generador del valor diferencial 221 define los valores diferenciales ( $D_x^{KV}$ ,  $D_y^{KV}$ ,  $D_z^{KV}$ ) entre todos los valores de posición, que se obtienen cuando un vértice arbitrario cambia en el tiempo.

La Fig. 7 es un diagrama de bloques detallado de una forma de realización preferida del generador del valor diferencial de la Fig. 6. En referencia a la Fig. 7, el generador del valor diferencial 221 incluye un primer calculador 2211, un segundo calculador 2212, y un generador del valor diferencial inter-vértice 2213. El primer calculador 2211 calcula el número de puntos de datos clave (nKey), y el segundo calculador 2212 calcula el número total de vértices (nV) que existen en un nodo IFS. Usando estos números, se calculan los valores diferenciales de los valores clave como sigue.

## ES 2 284 787 T3

La Fig. 8 ilustra un procedimiento de cálculo para obtener un valor diferencial de los valores clave del generador del valor diferencial inter-vértice de la Fig. 7. En referencia a la Fig. 8, el generador del valor diferencial inter-vértice 2213 recibe el vértice que forma la información en función de la información BFS definida por la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215, y define un vértice ( $v$ ) adyacente a un vértice  $i$ -ésimo adyacente ( $0 \leq i \leq nV-1$ ) en la etapa 22131. A continuación, en un vértice que es visitado de acuerdo con el orden de búsqueda BFS, se calculan los valores diferenciales de todos los valores de posición que cambian a lo largo del eje temporal en un espacio en 3D en la etapa 22132. En las etapas 22134 y 22135, se eliminan los valores diferenciales a partir de los cuales se genera la redundancia en la región de tiempo. De manera concreta, en la etapa 22134, se mejora la eficiencia de la codificación usando un entramado clave, que se genera en primer lugar en el eje temporal, como valor de comparación para la diferenciación del vértice definido en el nodo IFS.

En referencia de nuevo a la Fig. 6, el predictor 222 recibe el valor diferencial generado en el generador de valores diferenciales 221, y extrae la redundancia de datos debida a la correlación espacial entre los vértices que conforman la forma del objeto en 3D.

La Fig. 9 ilustra un procedimiento de predicción para extraer la redundancia de datos del predictor de la Fig. 6. En referencia a la Fig. 9, el predictor 222 visita en primer lugar los vértices de acuerdo con el orden de búsqueda BFS en la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 215, y define un vértice ( $v$ ) adyacente al vértice  $i$ -ésimo visitado en la etapa 2221. Un vértice que tiene elevada correlación espacial con el vértice ( $v$ ) buscado en la etapa 2221 se define como un vértice  $b$  superior en el orden de búsqueda BFS en la etapa 2222. A continuación, se calculan los valores diferenciales ( $Q_x^{kv}$ ,  $Q_y^{kv}$ ,  $Q_z^{kv}$ ) de los valores de posición en el espacio en 3D de los dos vértices  $b$  y que tienen elevada correlación espacial, y definidos en las etapas 2221 y 2222, de manera respectiva, para eliminar la redundancia espacial de datos en la etapa 2225.

En este momento, se usa un valor diferencial que se introduce a través del generador del valor diferencial 221, sin cambio, como un vértice que se visita en primer lugar de acuerdo con el orden de búsqueda BFS. En la etapa 2226, se definen un valor máximo y un valor mínimo (Max, Min) de cada componente a partir de los valores diferenciales ( $Q_x^{kv}$ ,  $Q_y^{kv}$ ,  $Q_z^{kv}$ ) de los valores de posición en el espacio en 3D obtenidos en la etapa 2225. Los valores máximos y los valores mínimos se introducen en la unidad de cuantización 230, y se usan en un proceso de normalización que se necesita para la cuantización.

De esta manera, los valores diferenciales ( $E^{kv}$ ) de los datos de los valores clave en los que se va a eliminar la redundancia de datos espaciotemporales se introducen en la unidad de procesamiento 229 tal como se muestra en la Fig. 6, y se extrae el valor del resultado del procesamiento DPCM de la unidad de cuantización 230.

Como los valores diferenciales anteriormente descritos ( $E^{kv}$ ) de los datos de los valores clave, se proporcionan las claves ( $E^k$ ) de las cuales se va a eliminar la redundancia de datos usando la correlación temporal de datos que se proporciona en el procedimiento de animación del tipo entramado clave, mediante el procesador DPCM 228 de la Fig. 6. A continuación, la unidad de cuantización 230 comprime los datos ajustando el grado de precisión de la expresión de los datos, y la unidad de codificación de la entropía 235 elimina la redundancia de bits de los datos comprimidos y forma una corriente de bits 240.

La Fig. 10 es un diagrama de un ejemplo de la estructura de la corriente de bits generada por el equipo de codificación de la Fig. 3. Los puntos de información indicados por los números de referencia 2400, 2405, y 2410 de la Fig. 10 son componentes de la corriente de bits modificada de una unidad de procesamiento del nodo CI. Se proporciona la información de encabezamiento 2400 como una condición de la cuantización inversa que se va a llevar a cabo en la unidad de cuantización inversa 270 con el fin de reconstruir el nodo CI en el equipo de decodificación 250. Se forma la información de encabezamiento 2400 como un ejemplo preferible 2425, con el tamaño de cuantización de las claves ( $Q_{step\_K}$ ), el tamaño de cuantización de los valores clave ( $Q_{step\_KV}$ ), y los valores mínimos (MinX, MinY, y MinZ) y los valores máximos (MaxX, MaxY, y MaxZ) que se usan en los valores normalizados desde la unidad de cuantización 230 en valores entre 0 y 1 inclusive.

La información clave 2405 proporciona el valor cuantizado de los datos claves diferenciados sobre el eje temporal. Se forma la información clave 2405 como un ejemplo preferible 2405. Aquí, Klast es un indicador de 1-bit para indicar el número de puntos de datos clave en el equipo de decodificación 250. Si Klast es "0", el siguiente punto de datos es un punto de datos clave, y si Klast es "1", el siguiente punto de datos es un punto de datos de valores clave.

Se proporciona la información del valor clave 2410 como un ejemplo preferido 2415, en cuyos valores de posición de todos los vértices que forman un entramado clave que corresponde a cada clave que se produce de manera secuencial sobre el eje temporal se distribuyen en el orden de búsqueda BFS. Aquí, la distribución de los vértices en el orden de búsqueda BFS es para aumentar la correlación entre bits cuando se procesan los datos en la unidad de codificación de la entropía 235. También, la distribución de los puntos de información de los valores clave en el ejemplo 2415 es para minimizar el tiempo de retraso que se produce hasta la renderización del resultado reconstruido cuando se reconstruye la corriente de bits 2415, y para minimizar el uso de una memoria del equipo de decodificación 250.

En referencia de nuevo a la Fig 3, la corriente de bits 240, que se genera por el proceso de codificación anteriormente descrito, se puede reconstruir mediante la inversa del proceso de codificación. Aquí, el equipo de decodificación

## ES 2 284 787 T3

250 recibiría el nodo IFS a través del desmultiplexor 260 con el fin de reconstruir el entramado clave de la primera clave de cada nodo, y para generar la información BFS que expresa la correlación espacial del objeto en 3D.

5 Las características principales de los procesos de codificación y decodificación de acuerdo con la presente invención incluyen la eliminación de la redundancia de datos debida a la correlación espaciotemporal de la información de la deformación del objeto en 3D, y a la reducción de la cantidad de datos que se van a codificar usando la correspondencia entre los nodos IFS y los nodos CI proporcionados en el procedimiento de animación del entramado clave.

10 Tal como se ha descrito anteriormente, el equipo y el procedimiento de codificación de la primera forma de realización de la presente invención de las Figs. 3 y 4 proporcionan comportamientos superiores a los de la tecnología de la técnica anterior en el aspecto de la reducción de la cantidad de datos que se van a codificar. Sin embargo, tal como se ha descrito anteriormente, en la codificación y decodificación de un objeto en 3D formado por una pluralidad de partes, los cambios de posición de cada vértice reconstruido debidos al error de cuantización pueden producir una forma reconstruida en la que cada parte del objeto se divide a partir de las otras partes.

15 Para resolver este problema, en la presente invención, se proporciona un procedimiento de codificación y un equipo para cuantizar los datos antes del procesamiento ADPCM tal como se muestra en las Figs. 12 y 13. La Fig. 12 es un diagrama de bloques esquemático del equipo de codificación 300 y el equipo de decodificación 400 de acuerdo con una segunda forma de realización preferida de la presente invención, en la que se compensa el error de cuantización, y la Fig. 13 es un diagrama de flujo que explica el procedimiento de codificación del equipo de codificación de la Fig. 20 12.

25 En referencia a la Fig. 12, el equipo de codificación de acuerdo con la segunda forma de realización preferida de la presente invención incluye una unidad de introducción de datos de campo que tiene un analizador sintáctico 305 y un desmultiplexor 310, una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 315, una unidad de cuantización 330, una unidad de procesamiento ADPCM 330 y una unidad de codificación de la entropía 335. Para llevar a cabo la inversa del proceso de codificación, el equipo de decodificación 350 incluye una unidad de decodificación de la entropía 355, un desmultiplexor 360, una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 365, una unidad de procesamiento DPCM inverso 370, una unidad de cuantización inversa 375, y un tampón 380. Aquí, 30 las funciones y las estructuras del analizador sintáctico 305, el desmultiplexor 310, y la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 315 son las mismas que aquellas de la Fig. 3, y se omitirá la explicación sobre lo anterior.

35 En referencia a la Fig. 13, no se explicará ahora la operación del equipo de codificación 300. En primer lugar, el equipo de codificación 300 analiza sintácticamente la información del nodo de un objeto en 3D y extrae las claves, los valores clave, y la información relacionada en la etapa 3050. A continuación, se genera la información de la conectividad del vértice en la etapa 3150. A continuación, la unidad de cuantización 320 recibe los datos de campo formados con las claves y los valores clave del nodo CI clasificado en el desmultiplexor 310, y cuantiza los datos sin diferenciación en la etapa 3200.

40 La unidad de procesamiento ADPCM 330 recibe los datos de campo de las claves y valores clave del nodo CI cuantizados de esta manera, la información BFS y la información Coord, y genera los valores diferenciales para eliminar la redundancia de los datos espaciotemporales en los datos de campo en la etapa 3300. En la Fig. 3, el resultado de la diferenciación de la ADPCM se envía a la unidad de cuantización 230, pero, a diferencia de la Fig. 3, el resultado de la diferenciación de la ADPCM en la Fig. 13 se envía a la unidad de codificación de la entropía 335, y 45 a continuación forma una corriente final de bits 340 en la etapa 3350.

50 La Fig. 14 es un diagrama de bloques detallado de una forma de realización preferida de la unidad de procesamiento ADPCM de la Fig. 12. En comparación con la unidad de procesamiento ADPCM 220 de la Fig. 6, el predictor 332 de la unidad de procesamiento ADPCM 330 de la Fig. 12 no tiene la función para definir los valores máximos y los valores mínimos (Max, Min) de los valores diferenciales de la predicción espacial de cada valor de coordenadas x, y, z de un vértice que necesita de cuantización. Por tanto, el procesamiento detallado del calculador del valor diferencial 331 es el mismo que el de la Fig. 7, pero el predictor 332, que es, el generador del valor diferencial de la predicción espacial, no genera un valor máximo y un valor mínimo (Max, Min) de cada componente que esté necesitado de la cuantización, debido a que el predictor 332 usa los valores de datos cuantizados en la unidad de cuantización 320.

55 La Fig. 15 ilustra un procedimiento de predicción para extraer la redundancia de datos de la predicción de la Fig. 14. En referencia a la Fig. 15, el procedimiento de predicción es el mismo que el procedimiento de predicción de la Fig. 9, excepto en la etapa 2226. Por tanto, por brevedad, se omitirá el procedimiento de predicción que se muestra en la Fig. 15.

60 La Fig. 16 es un diagrama de bloques de una forma de realización preferida de los procesadores DPCM 338 y 339 de la Fig. 14, en el que se compensa el error de cuantización. En referencia a la Fig. 16, cada uno de los procesadores DPCM 338 y 339 proporciona el resultado DPCM en la unidad de codificación de la entropía 335, a diferencia de la Fig. 6 en la que el resultado DPCM se envía a la unidad de cuantización 320, y forma una corriente final de bits 340. 65 En este momento, la corriente de bits 340 formada de esta manera, tiene realmente la misma estructura tal como se muestra en la Fig. 10. También, la corriente de bits 340 se reconstruye en el nodo CI en el equipo de decodificación 350 de la Fig. 12 mediante la inversa de los procesos de codificación anteriormente descritos.

## ES 2 284 787 T3

Las claves y los valores clave cuantizados de esta manera del nodo CI antes de la diferenciación tienen los siguientes efectos. Los valores de posición de todos los vértices que conforman la forma del objeto en 3D que se va a codificar proporcionan un estado en el que los valores de posición mueven ya las mismas distancias como los errores de cuantización en un espacio en 3D, y por tanto no propagan los errores de cuantización a los otros vértices adyacentes.

De acuerdo con esto, en un proceso de decodificación, no se produce la acumulación de los errores de cuantización en otros vértices que excluyen un vértice actual, y por tanto se evita que la división de la reconstrucción en la que cada parte del objeto se divide a partir de las otras partes cuando se decodifica el objeto en 3D formado por una pluralidad de partes. En este momento, la eficiencia de compresión es realmente la misma como en la Fig. 3.

De esta manera, los equipos de codificación 200 y 300 y los equipos de decodificación 250 y 350 de acuerdo con la primera y la segunda formas de realización preferidas de la presente invención codifican de manera eficiente los datos clave y los datos de los valores clave de los nodos CI, usando las unidades de procesamiento de la conectividad del vértice 215, 315, 265 y 365. Aquí, los datos que se introducen en la unidad de procesamiento de la entropía están codificados como bits de cuantización de los valores clave que se proporcionan como avance en la codificación de la entropía. En este procedimiento, se lleva a cabo la codificación usando la correlación de datos espaciotemporales, se disminuye el grado de dispersión de los datos y se restringe el intervalo de distribución de los datos. Por tanto, la etapa de cuantización de los bits de codificación de los valores clave en la codificación de la entropía pueden reducir suficientemente los bits de codificación para expresar el intervalo de distribución de los datos. De acuerdo con esto, sin la pérdida de datos cuantizados, se mejora la eficiencia de la codificación usando la etapa de cuantización necesaria para codificar los bits, mientras que se puede reducir la cantidad de datos que se van a almacenar.

Sin embargo, en el procedimiento anterior, no se considera un procedimiento para seleccionar un vértice de inicio en una búsqueda BFS para formar un gráfico BFS en la codificación de los datos de valores clave. Por tanto, se busca en primer lugar un vértice de un índice arbitrario, o el primer índice. Este es un procedimiento para seleccionar un vértice arbitrario sin considerar la estructura del objeto en 3D. Por tanto, se necesita un procedimiento eficiente para seleccionar un vértice de inicio.

Se explicarán ahora los equipos de codificación y los equipos de decodificación de acuerdo con una tercera forma de realización y una cuarta forma de realización de la presente invención, que mejoran el procedimiento para compresión y codificación de los datos de los valores clave entre los datos de los nodos CI.

La Fig. 17 es un diagrama de bloques de un equipo de codificación y un equipo de descodificación de acuerdo con la tercera forma de realización preferida de la presente invención, que tiene una función para generar un nodo de inicio, y la Fig. 18 es un diagrama de bloques de un equipo de codificación y un equipo de descodificación de acuerdo con la cuarta forma de realización de la presente invención, en la que se compensa el error de cuantización.

En referencia a la Fig. 17, el equipo de codificación de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención incluye una unidad de introducción de datos de campo que tiene un analizador sintáctico 405 y un desmultiplexor 410, un generador del vértice de inicio 412, una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 415, una unidad de procesamiento ADPCM 420, una unidad de cuantización 430, una unidad de generación de bits que codifica los valores clave 432, y una unidad de codificación de la entropía 435. Para llevar a cabo la inversa del proceso de codificación del equipo de codificación 400, el equipo de decodificación 450 incluye una unidad de decodificación de la entropía 455, un desmultiplexor 460, un generador del vértice de inicio 462, una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 465, una unidad de cuantización inversa 470, una unidad de procesamiento ADPCM inversa 475, y un tampón 480. Aquí, en comparación con los módulos del equipo de codificación 300 de la Fig. 3, los módulos del equipo de codificación 400 tienen las mismas funciones y estructuras, excluyendo los generadores de los vértices de inicio 412 y 462, y el generador de bits que codifica los valores clave 432. Se explicarán ahora las operaciones de codificación llevadas a cabo en el equipo de codificación 400.

El desmultiplexor 410 recibe el nodo CI y el nodo IFS clasificados en el analizador sintáctico 405, y proporciona los nodos a la unidad de procesamiento ADPCM 420 y al generador del vértice de inicio 412. La unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 415 recibe los datos de campo Cldx y la información del vértice de inicio (Start) del nodo IFS desde el generados del vértice de inicio 412 y forma la información BFS.

La unidad de procesamiento ADPCM 420 recibe la información BFS generada en la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice 415 y las claves ( $Q^k$ ) y los valores clave ( $Q^{kv}$ ) que corresponden al nodo CI y a la información Coord del nodo IFS proporcionada por el desmultiplexor 410. A continuación, la unidad de procesamiento ADPCM 420 genera cada valor diferencial ( $E^k$ ,  $E^{kv}$ ) de las claves, de las que se va a eliminar la redundancia de datos temporales, y los valores clave, de los que se va a eliminar la redundancia de datos espaciotemporales, en la unidad de cuantización 430. La unidad de cuantización 430 comprime los datos ajustando el grado de precisión de la expresión de los datos de valores clave con respecto al valor del tamaño de la cuantización. Los valores de los resultados cuantizados ( $\hat{E}^{kv}$ ) se introducen en la unidad de procesamiento ADPCM 420 y en la unidad de codificación de la entropía 435. En respuesta a los valores de los resultados cuantizados ( $\hat{E}^{kv}$ ), la unidad de generación de los bits de codificación 432 genera las etapas de cuantización de los bits de codificación (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z). Las etapas de cuantización generadas de los bits de codificación (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z) se introducen en la unidad de codificación de la entropía. En respuesta a las etapas de cuantización (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z), la unidad de codificación de la entropía 435

## ES 2 284 787 T3

elimina la redundancia de bits en los valores cuantizados ( $\hat{E}^{kv}$ ), usando la probabilidad de incidencia del símbolo bit, y forma una corriente final de bits (Corriente de Bits Comprimidos) 440.

5 Tal como se ha descrito anteriormente, los equipos de codificación 200 y 300 de las Figs. 3 y 12 comienzan la búsqueda desde el vértice de un índice arbitrario o el primer índice. A diferencia de esto, el equipo de codificación 400 de acuerdo con la tercera forma de realización preferida de la presente invención proporciona un vértice de inicio eficiente. Esto es, al comenzar una búsqueda BFS, el equipo de codificación 400 encuentra un vértice de inicio (Start) que permite una codificación más eficiente, y usando esto, genera un gráfico BFS más eficientemente.

10 Sin embargo, en el equipo de codificación 400, los valores de posición de los vértices que se van a codificar se convierten en valores diferenciales antes de la cuantización con el fin de reducir la redundancia de datos, y por tanto, cuando los valores diferenciales se cuantizan y se reconstruyen, se puede producir el cambio en la posición de cada vértice reconstruido. Esto puede producir que la división de la reconstrucción en cada parte del objeto se divida a partir de las otras partes. Para reducir el error de cuantización, en la presente invención, se proporcionan el equipo de codificación 500 y el equipo de decodificación 550, tal como se muestra en la Fig. 18. tal como se ha descrito anteriormente, se puede evitar el error de cuantización usando los valores diferenciales entre los valores ya cuantizados. Para esto, el equipo de codificación 500 de la Fig. 18 tiene una unidad de procesamiento ADPCM 530 y una unidad de cuantización 520, de las que el orden de colocación es el inverso del de la unidad de procesamiento ADPCM 420 y la unidad de cuantización 430 de la Fig. 17, y el equipo de decodificación 550 de la Fig. 18 tiene una unidad de procesamiento ADPCM inverso 570 y una unidad de cuantización inversa 575, de las que el orden de colocación es el inverso del de la unidad de procesamiento ADPCM inverso 475 y la unidad de cuantización inversa 470 de la Fig. 17. También, en comparación con los módulos del equipo de codificación 300 y el equipo de descodificación 350 de la Fig. 12, los módulos del equipo de codificación 500 y del equipo de decodificación 550 de la Fig. 18 tienen las mismas funciones y estructuras, excluyendo los generadores de los vértices de inicio 512 y 562 y el generador de bits de codificación de los valores clave 532 que se incluyen únicamente en la Fig. 18. Por tanto, se omitirá la explicación sobre los mismos módulos.

La Fig. 19 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento para generar una búsqueda del vértice de inicio del generador del vértice de inicio de las Figs. 17 y 18. En referencia a la Fig. 19, cada uno de los generadores de vértices de inicio 412 y 512 recibe en primer lugar la información de la conectividad entre los vértices (Cldx), y obtiene el número de vértices (frecuencia (Cldx<sub>j</sub>)) conectado a cada uno de todos los vértices en la etapa 4121, y obtiene el índice de un vértice que tiene la mayor parte de los vértices conectados, entre los vértices en la etapa 4122. A continuación, se extrae el vértice del índice obtenido como un vértice de inicio (Start) en la etapa 4123. Se usa este vértice de inicio (Start) como el vértice de inicio de la búsqueda BFS.

35 De manera general, los vértices adyacentes tienen vectores de movimiento similares. Los vértices más adyacentes tienen un vértice, el vértice tiene las mayores influencias sobre los vértices adyacentes cuando se produce el cambio en el vértice. Por tanto, cuando se selecciona el vértice que tiene las mayores influencias sobre los vértices adyacentes como un vértice de inicio, el gráfico de búsqueda BFS genera de manera más eficiente los gráficos adyacentes. Si se lleva a cabo la búsqueda tomando un vértice que tiene vértices adyacentes más pequeños como un vértice de inicio, el gráfico de búsqueda n puede generar de manera eficiente los gráficos adyacentes. Por tanto, mediante la generación de un vértice de inicio de acuerdo con el procedimiento de la Fig. 19, se genera un gráfico de búsqueda más eficiente.

En referencia a la Fig. 20, se explicará ahora la operación de la unidad de generación de la etapa de cuantización de los valores clave 432 para generar las etapas de cuantización de los bits de codificación (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z). La Fig. 20 es un diagrama de bloques detallado de la unidad de generación de bits de codificación de las Figs. 17 y 18.

En referencia a la Fig. 20, la unidad de generación de bits de codificación 432 incluye una unidad de cálculo de máximos y mínimos (Cálculo de Min Max) 4321 y un generador de la etapa de cuantización (Cálculo de Qstep) 4322. La unidad de cálculo de máximos y mínimos (Cálculo de Min Max) 4321 recibe los valores clave, los datos Coord que corresponden al primer entramado clave del nodo CI, y un gráfico de búsqueda BFS. La unidad de cálculo de máximos y mínimos (Cálculo de Min Max) 4321 recibe también un valor máximo (MaxX) y un valor mínimo (MinX) de los datos cuantizados en los valores clave de X, un valor máximo (MaxY) y un valor mínimo (MinY) de los datos cuantizados en los valores clave de Y, y un valor máximo (MaxZ) y un valor mínimo (MinZ) de los datos cuantizados en los valores clave de Z, y envía los valores máximos y mínimos al generador de la etapa de cuantización 4322. El generador de la etapa de cuantización 4322 genera las etapas de cuantización de suficientes bits de codificación (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z) para expresar los intervalos de datos cuantizados de las coordenadas X, Y, Z, de manera respectiva. Se explicará ahora un procedimiento para calcular las etapas de cuantización para obtener la etapa de cuantización de los bits de codificación.

La Fig. 21 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento de cálculo de la etapa de cuantización que se lleva a cabo mediante el generador de la etapa de cuantización de la Fig. 20.

En referencia a la Fig. 21, el procedimiento para calcular las etapas de cuantización de acuerdo con la presente invención recibe en primer lugar un valor máximo (MaxX) y un valor mínimo (MinX) de datos cuantizados de en los valores clave X, un valor máximo (MaxY) y un valor mínimo (MinY) de datos cuantizados en los valores clave de Y, y un valor máximo (MaxZ) y un valor mínimo (MinZ) de los datos cuantizados de los valores clave de Z, si se introducen los valores máximos (Max, esto es, MaxX, MaxY, MaxZ) y los valores mínimos (Min, esto es, MinX, MinY, MinZ) se

determina sí o no los valores absolutos de los valores mínimos (Min) son inferiores a o iguales a los valores máximos en la etapa 4325. Si los resultados indican que los valores mínimos (Min) son inferiores a o iguales a los valores máximos (Max), las etapas de cuantización de los bits de codificación (Qstep, esto es, Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z) se ajustan como  $Qstep = \text{int} \{(\log_2|\text{Min}|) + 1\}$  y, por otra parte, las etapas de cuantización de los bits de codificación (Qstep) se ajustan como  $Qstep = \text{int} \{(\log_2|\text{Max}|) + 1\}$ . De esta manera, se obtienen las etapas de cuantización de los bits de codificación (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z) de los datos cuantizados de las coordenadas X, Y, Z, y se extraen las etapas de cuantización de los bits de codificación (Qstep\_X, Qstep\_Y, Qstep\_Z) desde el generador de la etapa de cuantización 4322 de la Fig. 20.

La Fig. 22 es un diagrama de un ejemplo de la estructura de una corriente comprimida de bits generada por el equipo de codificación de las Figs. 17 y 18. En referencia a la Fig. 22, cada una de las corrientes de bits 440 y 540 de las Figs 17 y 18, que están generadas finalmente por los equipos de codificación 400 y 500, incluye la información de encabezamiento 4400 y la información de los valores clave 4405. La información de encabezamiento 4400 y la información de los valores clave 4405 indica la información que se procesa en un nodo CI. Se proporciona la información de encabezamiento 4400 como una condición de la cuantización inversa que se va a llevar a cabo en las unidades de cuantización inversa 475 y 575 con el fin de reconstruir el nodo CI en los equipos de decodificación 450 y 550. Se forma el información de encabezamiento 4400 como un ejemplo preferible 4415 con el tamaño de cuantización de los valores clave (Qstep\_KV), la etapa de cuantización de los bits de codificación en los valores clave de X (Qstep\_X), la etapa de cuantización de los bits de codificación en los valores clave de Y (Qstep\_Y), la etapa de cuantización de los bits de codificación en los valores clave de Z (Qstep\_Z) y los valores mínimos (MinX, MinY, y MinZ) y los valores máximos (MaxX, MaxY, y MaxZ) que se usan en la normalización de valores diferenciales desde la unidad de cuantización 430 en valores entre 0 y 1 inclusive. Un ejemplo 44100 muestra la estructura de la información de los valores clave 4405, que incluye la información de los valores clave de acuerdo con el orden de búsqueda BFS.

Tal como se ha descrito anteriormente, se puede reconstruir la corriente de bits que se genera mediante el proceso de codificación en datos originales mediante los equipos de decodificación 450 o 550 a través del inverso del proceso de codificación. Aquí, con el fin de reconstruir el entramado clave de la primera clave en cada nodo y para generar la información BFS para expresar la correlación espacial del objeto en 3D como las unidades que forman el BFS 465 o 565, los equipos de decodificación 450 o 550 deberán recibir los datos del nodo IFS y del vértice de inicio (Start) desde los generadores de vértices de inicio 462 o 562. Los desmultiplexores 460 o 560 reciben los datos IFS y envían los datos CIdx a los generadores de los vértices de inicio 462 o 562.

Tal como se ha descrito anteriormente, en la codificación de la información de la deformación de un objeto en 3D que se va a codificar con respecto al tiempo, la presente invención elimina la redundancia de datos usando la correlación espaciotemporal, de tal manera que proporciona una compresión de datos más eficiente. También, encontrando un vértice de inicio apropiado para generar un gráfico de búsqueda BFS eficiente en la codificación de los valores clave, y usando el vértice de inicio, se ajusta la etapa de cuantización de los bits de codificación a los datos cuantizados y se lleva a cabo la codificación. Por tanto, se codifican de manera eficiente los valores clave del nodo CI. De manera adicional, mediante la compensación del error de cuantización, no se acumulan en los vértices los errores de cuantización, excluyendo el vértice correspondiente por sí mismo. Por tanto, en la decodificación del objeto en 3D codificado formado por una pluralidad de parte, se evita la división de la reconstrucción en la que cada parte del objeto se divide a partir de las otras partes. Por tanto, en un objeto en 3D que se expresa mediante una malla poligonal, o malla paramétrica, se proporciona una cantidad enorme de información de valores clave de los datos de animación del gráfico en 3D como información de la deformación del objeto en 3D que puede ser eficientemente comprimida, codificada, y decodificada con el lapso de tiempo.

## REIVINDICACIONES

5 1. Un procedimiento de codificación de información de la deformación de un objeto en 3 dimensiones (3D), en el que se describe la información sobre los vértices que conforman la forma del objeto en 3D mediante un procedimiento de entramado clave para llevar a cabo la deformación del objeto en 3D, comprendiendo el procedimiento de codificación,

10 (a) extraer las claves que indican las posiciones de los entramados clave sobre un eje temporal, indicando los valores clave la información de las características de los entramados clave, y la información relacionada, analizando sintácticamente del nodo la información del objeto en 3D, y **caracterizado** por las etapas de:

(b) generar la información de la conectividad del vértice a partir de los valores extraídos de la etapa (a);

15 (c) generar los valores diferenciales cuantizados de las claves a partir de los cuales se elimina la redundancia de datos temporales, y los valores diferenciales cuantizados de los valores clave a partir de los cuales se elimina la redundancia de los datos espaciotemporales, basándose en la información de la conectividad del vértice; y

20 (d) eliminar la redundancia entre los bits y generar la corriente comprimida de bits mediante la codificación de la entropía, recibiendo los valores generados a partir de la etapa (c).

25 2. El procedimiento de codificación de la reivindicación 1, en el que en la etapa (a) se divide la información del nodo entre un Interpolador Coordinado, CI, nodo, y un Conjunto de Índices de Cara, IFS, nodo, y se extraen los datos de campo formados con las claves y los valores clave a partir del nodo CI y del índice coordinado Cidx se extraen los datos de campo a partir del nodo IFS.

30 3. El procedimiento de codificación de la reivindicación 2, en el que en la etapa (b) los datos de campo Cldx extraídos a partir del nodo IFS se reciben en forma de la información relacionada, y la información de la Búsqueda Primero en Anchura para definir la correlación de datos espaciales entre los vértices se conforma en forma de la información de la conectividad de los vértices.

35 4. El procedimiento de codificación de la reivindicación 3, en el que en la etapa (b) se reciben y almacenan los datos de campo Cldx en una cola para cada vértice, y se genera la información BFS en función de si cada vértice se visita o no a través de la cola.

5. El procedimiento de codificación de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa (c) comprende de manera adicional las etapas de:

40 (c1) recibir la información de la conectividad del vértice, la información coordinada del nodo IFS en forma de información relacionada, y los valores clave, y generar los valores diferenciales entre todos los valores de posición del cambio de valores clave en un espacio en 3D;

45 (c2) extraer la redundancia de datos en los valores diferenciales de acuerdo con la correlación espacial entre los vértices basándose en la información de la conectividad del vértice; y

(c3) la Modulación de Impulsos Codificados Diferenciales, DPCM, procesando cada una de las claves extraídas en la etapa (a), y los valores clave de los cuales se extrae la redundancia de datos debida a la correlación espacial.

50 6. El procedimiento de codificación de la reivindicación 5, en el que se calculan el número de puntos de datos clave que se va a codificar y el número total de vértices en el IFS analizado sintácticamente a partir de la información del nodo en forma de información relacionada, y usando el resultado del cálculo se calculan los valores diferenciales de los valores clave.

55 7. El procedimiento de codificación de la reivindicación 5 ó 6, en el que en la etapa (c2) se visitan los vértices de acuerdo con el orden de búsqueda de la información de la conectividad del vértice, se definen los vértices adyacentes a un vértice visitado, se define un vértice que tiene una correlación espacial elevada con el vértice visitado como un vértice superior, se calcula el valor diferencial de los valores de posición del espacio en 3D de los dos vértices, y se elimina la redundancia de datos.

60 8. El procedimiento de codificación de cualquier reivindicación anterior en el que en la etapa (d) se elimina la redundancia entre bits con respecto a la probabilidad de la incidencia del símbolo.

65 9. El procedimiento de codificación de cualquier reivindicación anterior, en el que se forma una corriente de bits obtenida mediante el procedimiento de codificación al menos con la información de la clave codificada y la información de los valores clave, se forma la información clave con una combinación de las claves y los indicadores clave para las claves, se dispone la información de los valores clave en orden de clave en un entramado clave, y se forman los entramados clave de acuerdo con un orden de búsqueda de la información de la conectividad del vértice.

## ES 2 284 787 T3

10. Un procedimiento de codificación de la reivindicación 1, en el que la etapa (b) comprende las etapas de:

(b1) generar la búsqueda de la información de inicio de una Búsqueda Primero en Anchura, BFS, para definir la correlación de datos espaciales entre los vértices del objeto en 3D; y

(b2) generar la información de la conectividad del vértice a partir de los valores extraídos de la etapa (a) y la búsqueda de la información de inicio generada en la etapa (b1);

y la etapa (d) comprende las etapas de:

(d1) recibir los valores generados de la etapa (c), y generar la etapa de cuantización de los bits de codificación de los valores clave; y

(d2) recibir las etapas de cuantización de los bits de codificación y eliminar la redundancia entre los bits en los valores cuantizados.

11. El procedimiento de codificación de la reivindicación 10, en el que en la etapa (a) la información del nodo se divide entre un nodo CI y un nodo IFS, y se extraen los datos de campo formados con las claves y los valores clave a partir del nodo CI y los datos de campo Cldx se extraen a partir del nodo IFS.

12. El procedimiento de codificación de la reivindicación 10 u 11, en el que la etapa (b1) comprende las etapas de:

(i) obtener el número de vértices conectado a cada uno de los vértices en respuesta a la información de conexión entre los vértices que se van a codificar;

(ii) obtener el índice de un vértice que tiene el número más grande de vértices conectados entre los números de vértices; y

(iii) generar el vértice del índice obtenido en forma de búsqueda de la información de inicio.

13. El procedimiento de codificación de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que la etapa (d1) comprende las etapas de:

comparar un valor máximo y un valor mínimo para cada una de las coordenadas X, Y, y Z que forman los valores clave cuantizados;

si el valor absoluto del valor mínimo es inferior a o igual al valor máximo en cada una de las coordenadas X, Y, y Z, extraer la etapa de cuantización de los bits de codificación en forma de  $Qstep = \text{int} \{(\log_2|\text{Min}|) + 1\}$ ;

si el valor absoluto del valor mínimo es mayor que el valor máximo en cada una de las coordenadas X, Y, y Z, extraer la etapa de cuantización de los bits de codificación en forma de  $Qstep = \text{int} \{(\log_2|\text{Max}|) + 1\}$ .

14. El procedimiento de codificación de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que en la etapa (d2) se elimina la redundancia entre los bits con respecto a la probabilidad de la incidencia del símbolo.

15. El procedimiento de codificación de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que la corriente de bits obtenida mediante el procedimiento de codificación comprende:

la información de encabezamiento que tiene el tamaño de cuantización de los valores clave, la etapa de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas X de los valores clave, la etapa de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas Y de los valores clave, la etapa de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas Z de los valores clave, los valores mínimos y los valores máximos que se usan en la normalización de valores diferenciales a partir de las claves y los valores clave cuantizados y los valores entre 0 y 1 inclusive; y

la información del valor clave de acuerdo con el orden de búsqueda BFS.

16. Un equipo de codificación de información de la deformación de un objeto en 3 Dimensiones (3D), en el que la información sobre los vértices que conforman la forma del objeto en 3D se codifica mediante un procedimiento de entramado clave para llevar a cabo la deformación del objeto en 3D, comprendiendo el equipo de codificación,

una unidad de introducción de datos de campo para extraer la posición que indican las claves de los entramados clave sobre un eje temporal, la información de las características que indican los valores clave de los entramados clave, y la información de la relación, analizando sintácticamente la información del nodo del objeto en 3D,

y **caracterizada** por:

una unidad de cuantización (230) para cuantizar valores y extraer los valores cuantizados;

## ES 2 284 787 T3

una unidad de codificación de la entropía (235) para recibir las claves y los valores clave cuantizados y eliminar la redundancia entre los bits;

5 una unidad de procesamiento de la conectividad del vértice (215) para generar la información de la conectividad del vértice a partir de los valores extraídos mediante la unidad de introducción de datos de campo; y

10 una Modulación de Impulsos Codificados Diferencial Adaptable, ADPCM, la unidad de procesamiento (220) para generar los valores diferenciales para las claves a partir de los cuales se elimina la redundancia de datos temporales, y los valores clave a partir de los cuales se elimina la redundancia de los datos espaciotemporales, basándose en la información de la conectividad del vértice.

17. Un equipo de codificación de la reivindicación 16, en el que

15 la unidad de procesamiento ADPCM (330) está dispuesta para generar valores diferenciales de claves cuantizadas a partir de los cuales se elimina la redundancia de los datos temporales, y los valores diferenciales de los valores clave cuantizados a partir de los cuales se elimina la redundancia de datos espaciotemporales; y

la unidad de codificación de la entropía (235) está dispuesta para eliminar la redundancia entre bits.

20 18. El equipo de codificación de una cualquiera de las reivindicaciones 16 y 17, en el que la unidad de introducción de datos de campo comprende:

un analizador sintáctico (205) para dividir la información del nodo entre un nodo CI y un nodo IFS; y

25 un desmultiplexor (210) para extraer los datos de campo formados con las claves y los valores clave a partir del nodo CI, y que extrae los datos de campo Cldx a partir del nodo IFS.

30 19. El equipo de codificación de la reivindicación 18, en el que la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice (215) recibe los datos de campo Cldx extraídos del nodo IFS en forma de información relacionada y forma la Búsqueda Primero en Anchura, BFS, la información para definir la correlación de datos espaciales entre los vértices en forma de información de la conectividad del vértice.

35 20. El equipo de codificación de la reivindicación 19, en el que la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice (215) recibe los datos de campo Cldx, almacena los datos de campo Cldx en una cola para cada vértice, y genera la información BFS en función de si cada vértice se visita o no a través de la cola.

21. El equipo de codificación de una cualquiera de las reivindicaciones 16 y 17, en el que la unidad de procesamiento ADPCM comprende:

40 un generador del valor diferencial (221) para recibir la información de la conectividad del vértice, coordinar la información del nodo IFS en forma de información relacionada, y los valores clave, y generar valores diferenciales entre todos los valores de posición del cambio de valores clave en un espacio en 3D;

45 un predictor (222) para extraer la redundancia de datos en los valores diferenciales de acuerdo con la correlación espacial entre los vértices en función de la información de la conectividad del vértice; y

la Modulación de Impulsos Codificados Diferenciales, DPCM, los procesadores (228, 229) para cada procesamiento DPCM de las claves, y los valores clave de los que se extrae la redundancia de datos debida a la correlación espacial.

50 22. El equipo de codificación de una cualquiera de las reivindicaciones 16 y 17, en el que la unidad de codificación de la entropía (235) genera una corriente de bits a partir de la cual se elimina la redundancia entre bits en los valores cuantizados usando la probabilidad de la incidencia del símbolo bit.

55 23. El equipo de codificación de la reivindicación 22, en el que la corriente de bits se forma al menos con la información codificada de las claves y la información de los valores clave, la información de la clave se forma con una combinación de las claves y los indicadores clave para las claves, la información de los valores clave se dispone en orden de clave en un entramado clave, y los entramados clave se forman de acuerdo con el orden de búsqueda de la información de la conectividad del vértice.

60 24. Un equipo de codificación de la reivindicación 16 ó 17 que comprende de manera adicional:

65 un generador del vértice de inicio (412) para determinar un vértice de inicio de la información de la conectividad del vértice; y

una unidad de generación de la etapa de cuantización (423) para recibir las claves y los valores clave cuantizados, y generar la etapas de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas X, Y, y Z de los valores clave cuantizados, y en el que

## ES 2 284 787 T3

la unidad de procesamiento de la entropía (435) está dispuesta para recibir las etapas de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas X, Y, y Z, y eliminar la redundancia entre bits en los valores cuantizados.

25. Un equipo de codificación de la reivindicación 24, en el que:

la unidad de generación de la etapa de cuantización (423) está dispuesta para generar las etapas de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas X, Y, y Z de los valores clave diferenciados.

26. El equipo de codificación de una cualquiera de las reivindicaciones 24 ó 25, en el que la unidad de introducción de datos de campo comprende:

un analizador sintáctico (405) para dividir la información del nodo entre un nodo CI y un nodo IFS; y

un desmultiplexor (410) para extraer los datos de campo formados con las claves y los valores clave a partir del nodo CI, y extraer los datos de campo Cldx a partir del nodo IFS.

27. El equipo de codificación de la reivindicación 26, en el que el generador del vértice de inicio (412) obtiene el índice de un vértice que tiene el número más grande de vértices conectados entre los números de vértices conectados a cada uno de todos los vértices en respuesta a los datos de campo Cldx, y genera el vértice del índice obtenido como el vértice de inicio.

28. El equipo de codificación de la reivindicación 26, en el que la unidad de procesamiento de la conectividad del vértice (415) recibe los datos de campo Cldx extraídos a partir del nodo IFS en forma de información relacionada, forma la información BFS para definir la correlación de los datos espaciales entre los vértices en forma de información de la conectividad del vértice, recibe la información del vértice de inicio generada mediante el generador del vértice de inicio y genera la información BFS mediante la cual se lleva a cabo la búsqueda a partir del vértice de inicio.

29. El equipo de codificación de la reivindicación 26, en el que la unidad de generación de la etapa de cuantización (432) comprende:

una unidad de cálculo de máximos y mínimos (4321) para recibir los valores clave, los datos que corresponden al primer entramado clave del nodo CI, y la información de la conectividad del vértice, y la extracción de los valores máximos y los valores mínimos de las coordenadas X, Y, y Z de los valores clave; y

un generador de la etapa de cuantización (4322) para generar las etapas de cuantización de los bits de codificación para expresar los intervalos de los datos cuantizados correspondientes a las coordenadas X, Y, y Z.

30. El equipo de codificación de la reivindicación 29, en el que el generador de la etapa de cuantización (4322) compara el valor máximo y el valor mínimo de cada entrada de puntos de datos de las coordenadas X, Y, y Z a partir de la unidad de cálculo de máximos y mínimos, y si el valor absoluto del valor mínimo es inferior a o igual al valor máximo, extrae la etapa de cuantización de los bits de codificación en forma de  $Qstep = \text{int} \{(\log_2|\text{Min}|) + 1\}$ , y si el valor absoluto del valor mínimo es mayor que el valor máximo, extrae la etapa de cuantización de los bits de codificación en forma de  $Qstep = \text{int} \{(\log_2|\text{Max}|) + 1\}$ .

31. El equipo de codificación de una cualquiera de las reivindicaciones 24 ó 25, en el que la unidad de procesamiento de la entropía (435) elimina la redundancia entre los bits en los valores cuantizados, usando la probabilidad de la incidencia del símbolo bit, y extrae el resultado como una corriente de bits.

32. El equipo de codificación de la reivindicación 31, en el que la corriente de bits comprende:

la información de encabezamiento que tiene el tamaño de cuantización de los valores clave, la etapa de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas X de los valores clave, la etapa de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas Y de los valores clave, la etapa de cuantización de los bits de codificación de las coordenadas Z de los valores clave, los valores mínimos y los valores máximos que se usan en la normalización de los valores diferenciales de la unidad de cuantización en valores entre 0 y 1 inclusive; y

la información de los valores clave de acuerdo con el orden de búsqueda BFS.

FIG. 1

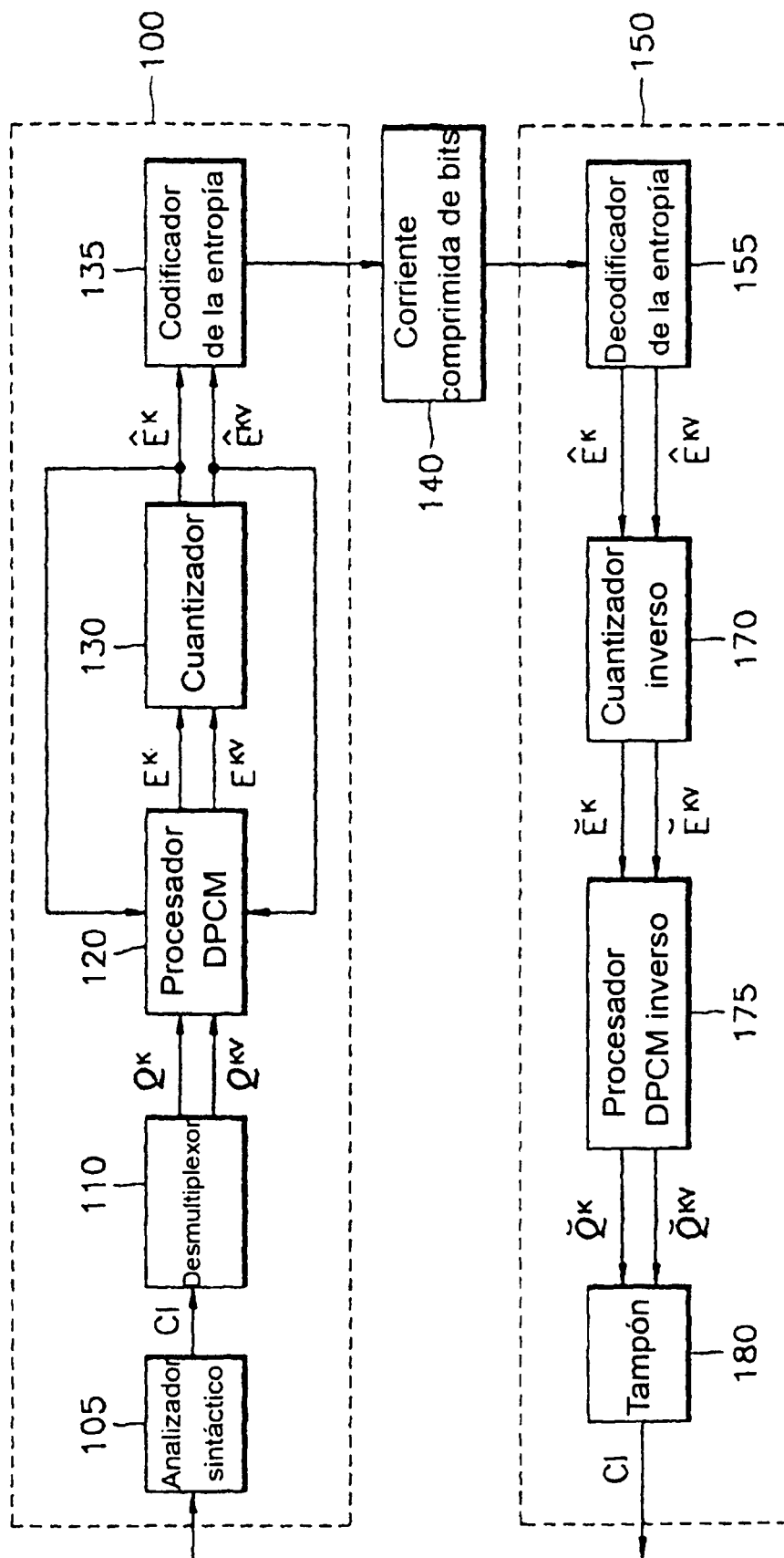


FIG. 2

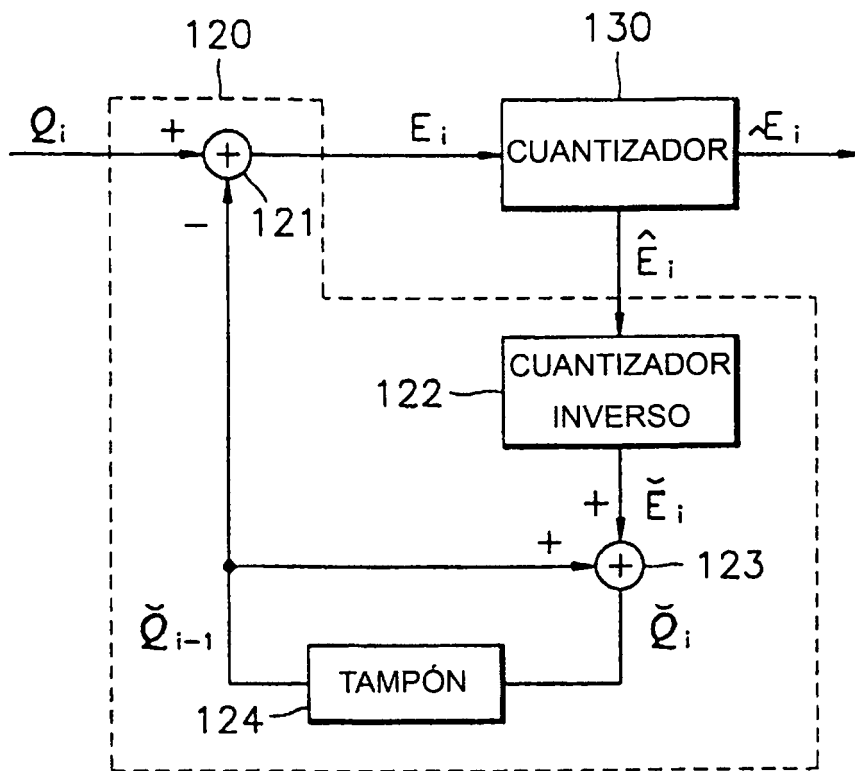


FIG. 3

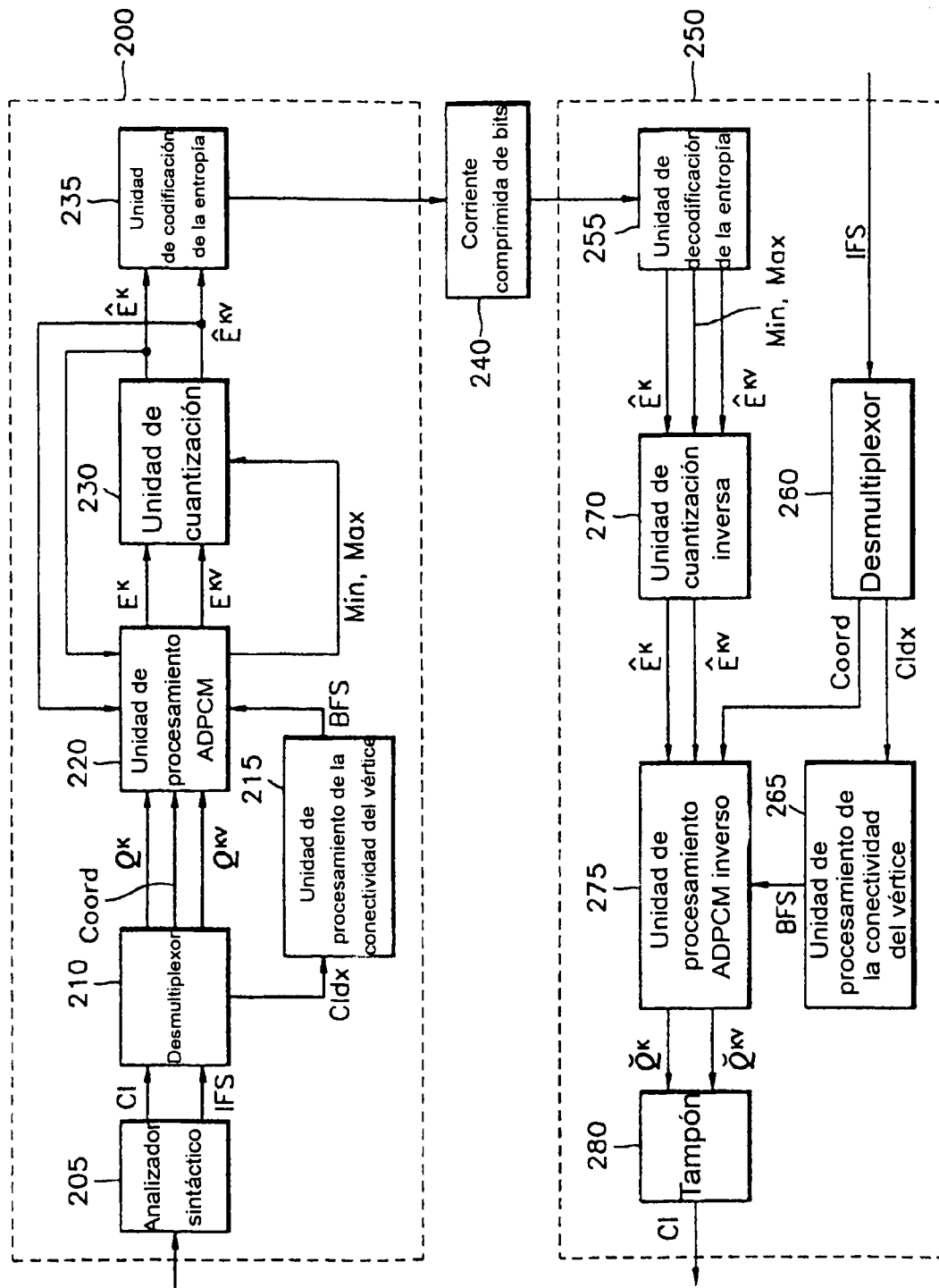


FIG. 4

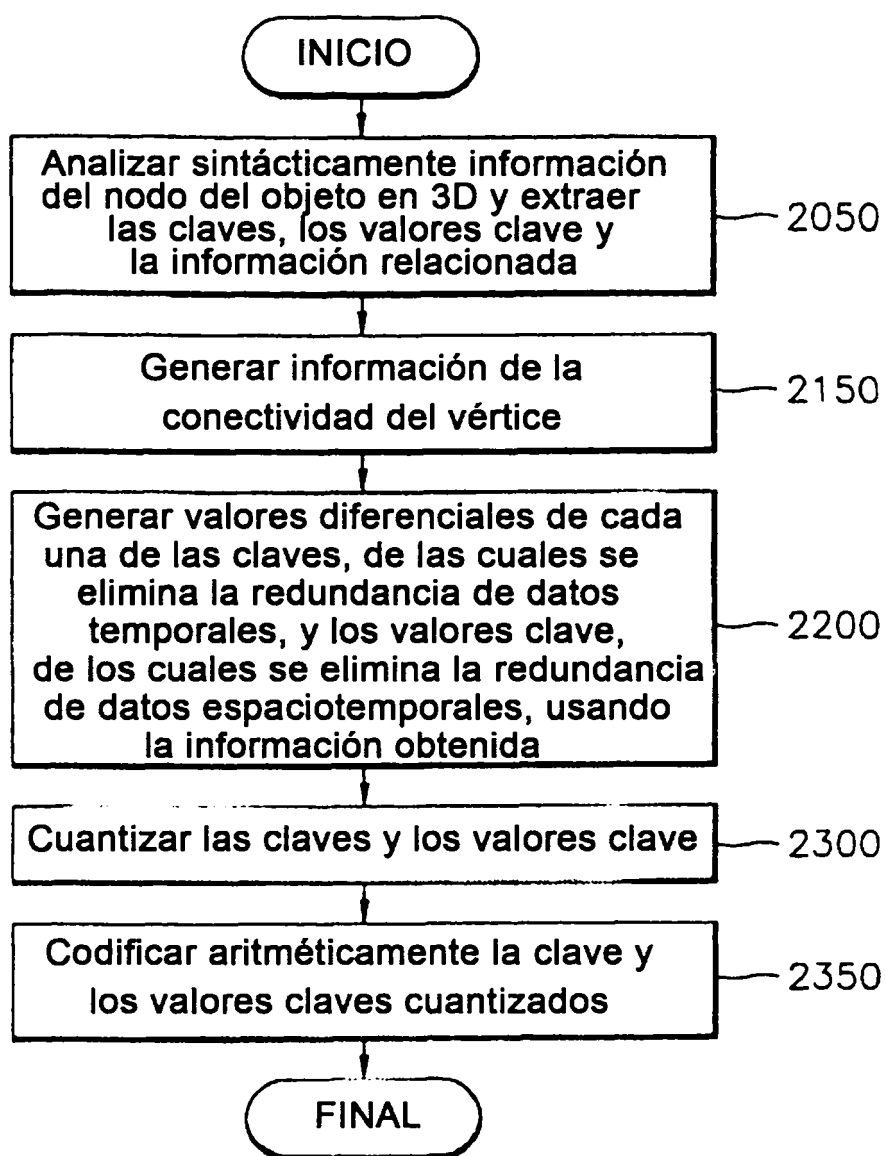


FIG. 5

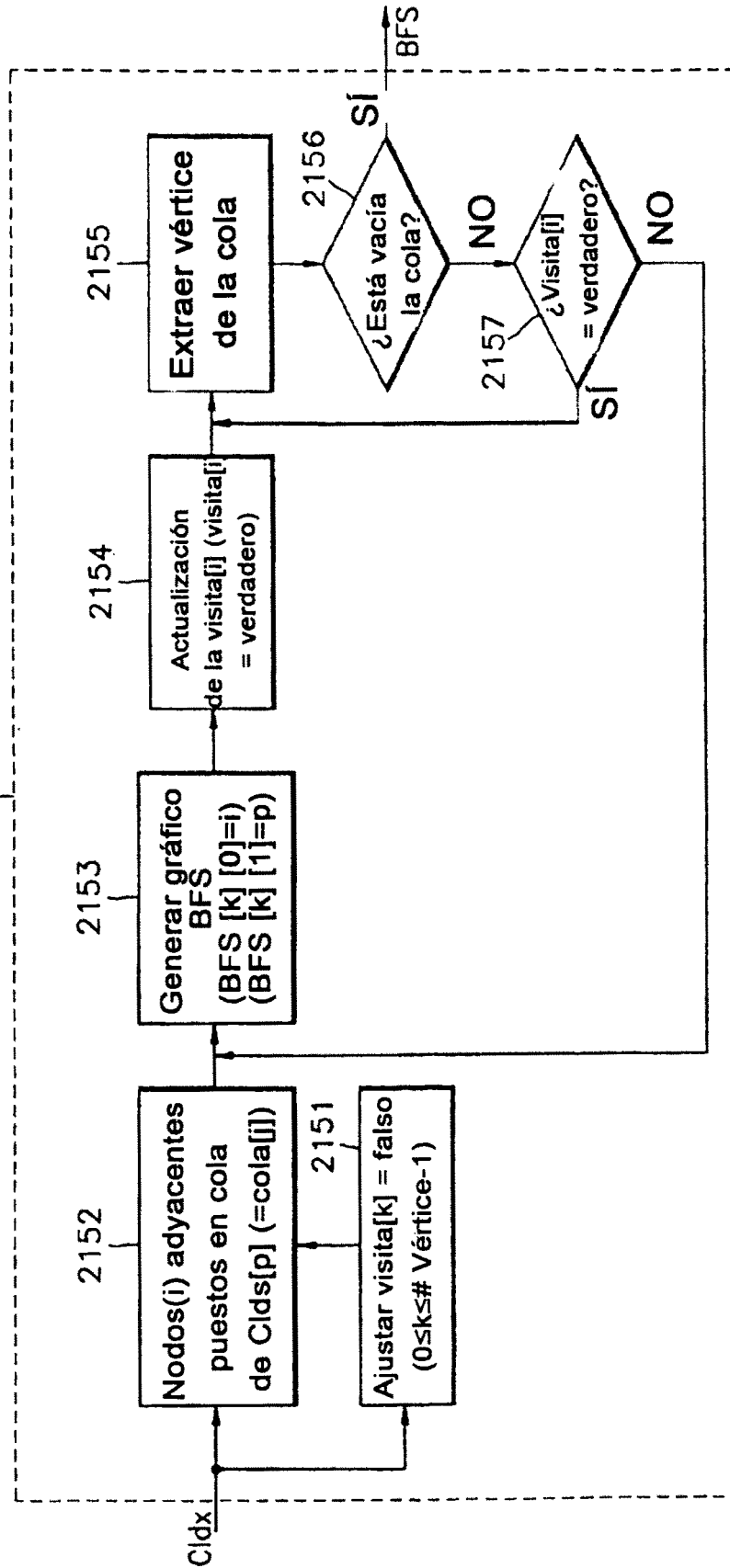


FIG. 6

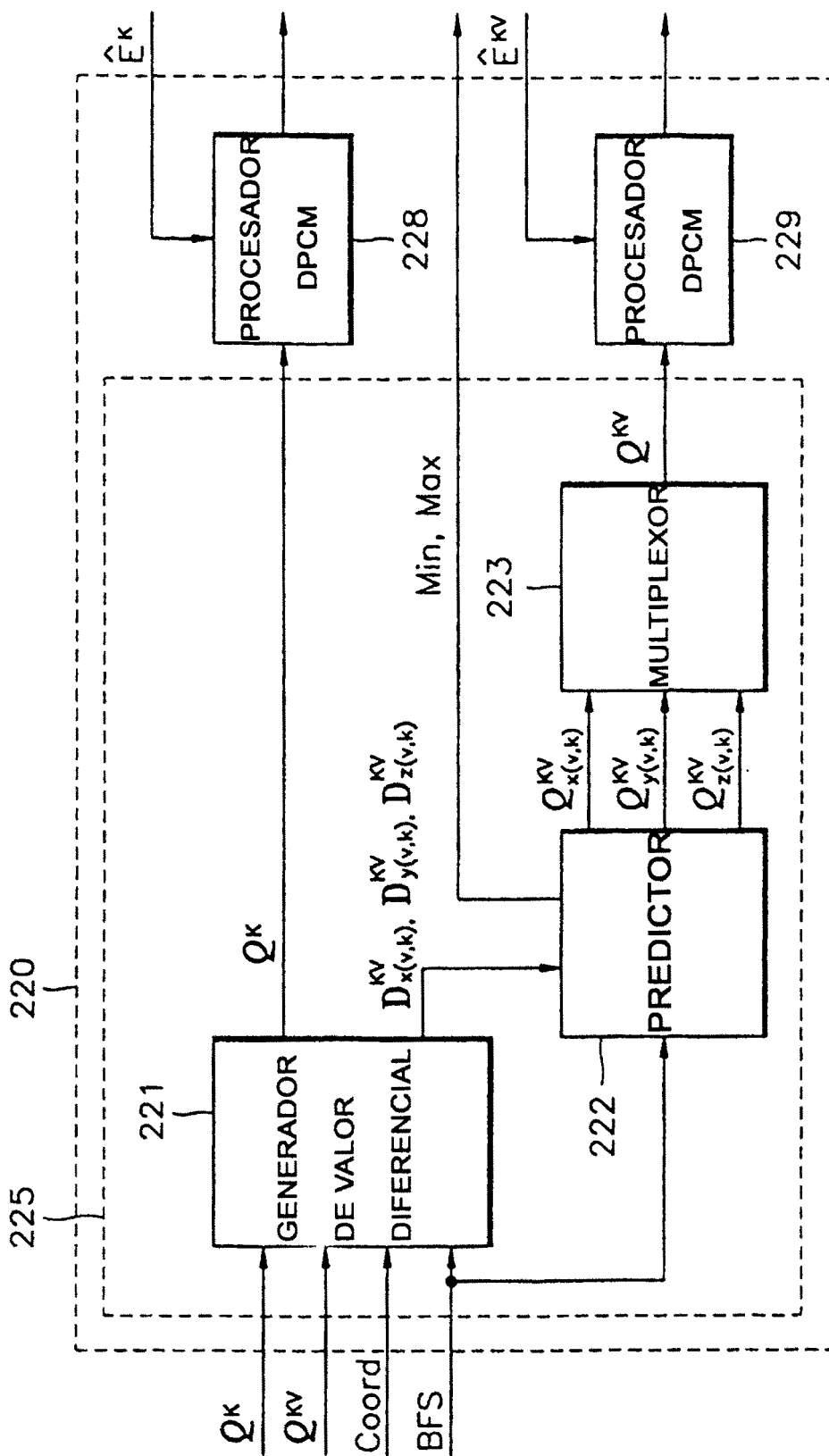


FIG. 7

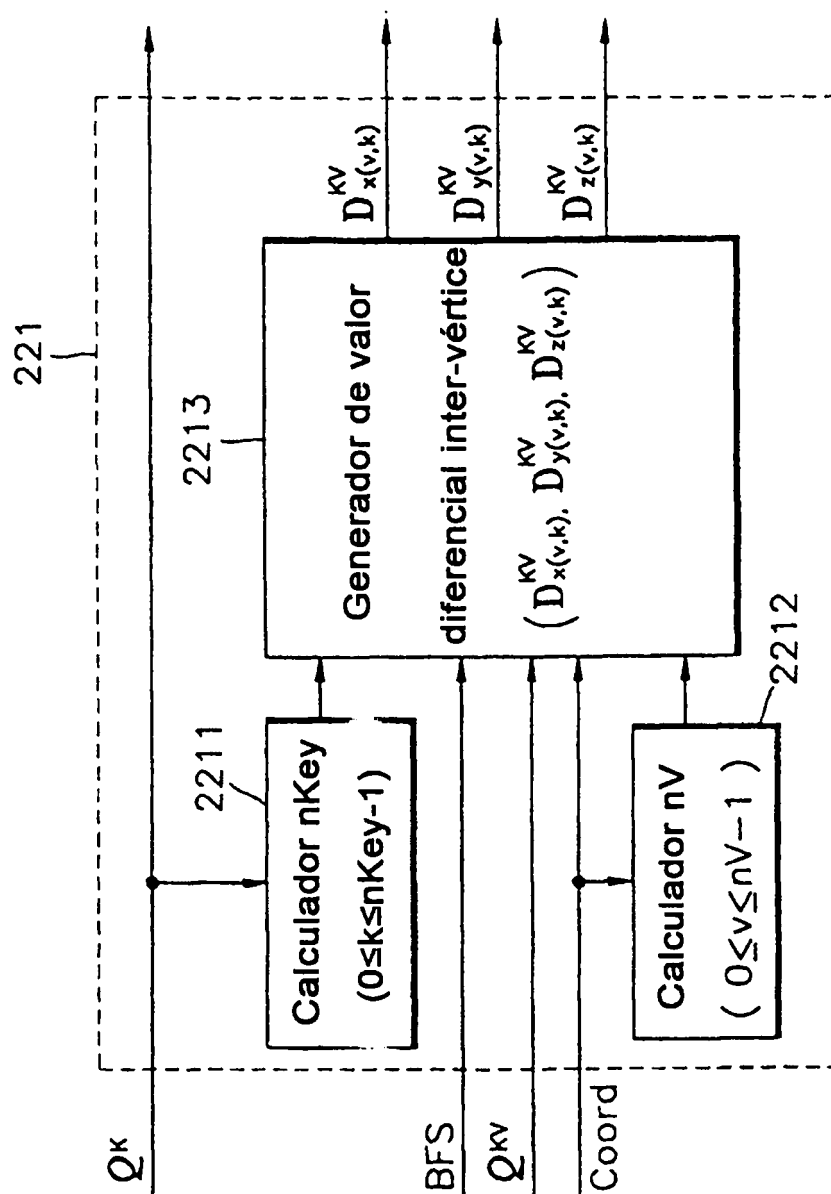


FIG. 8

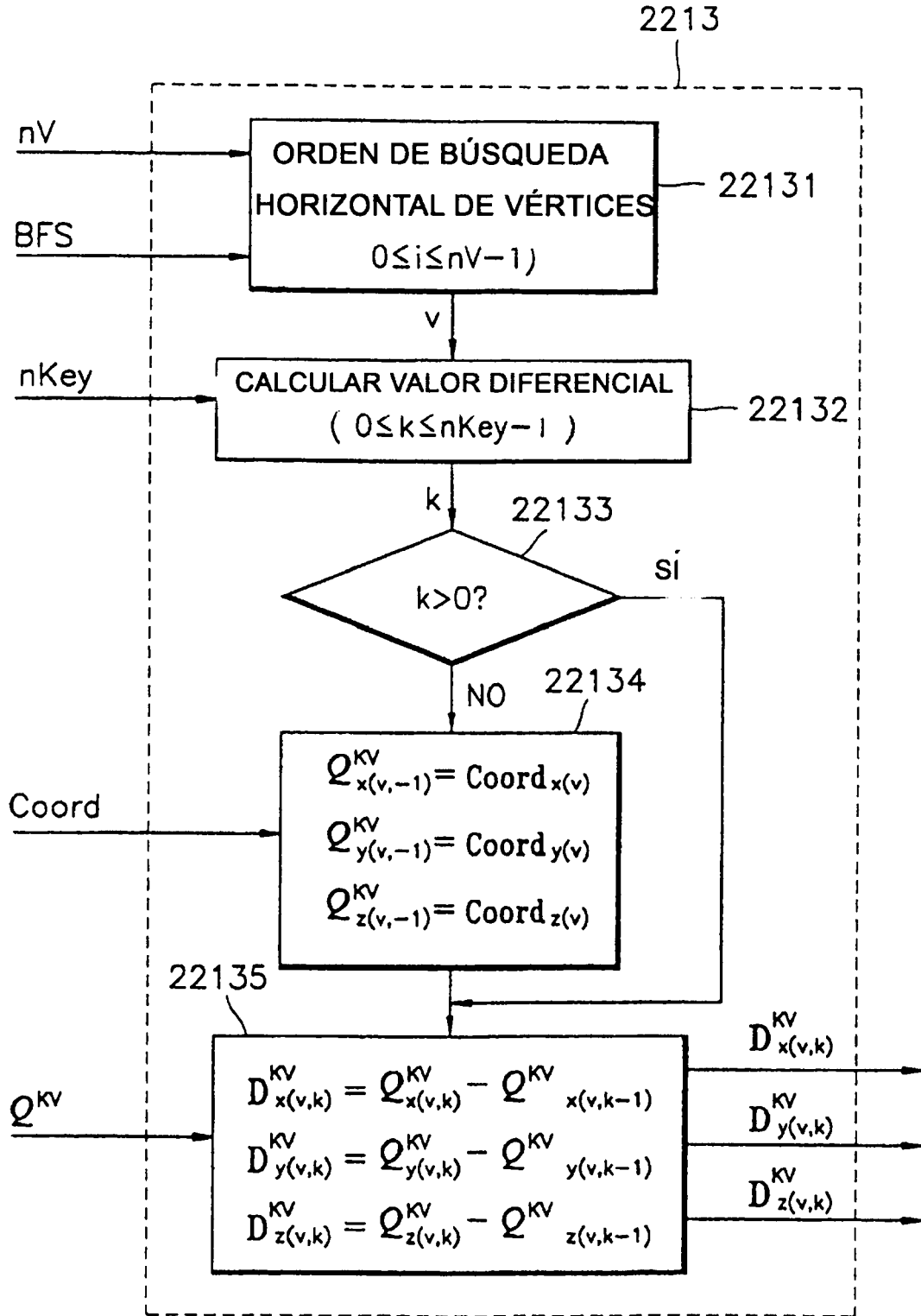


FIG. 9

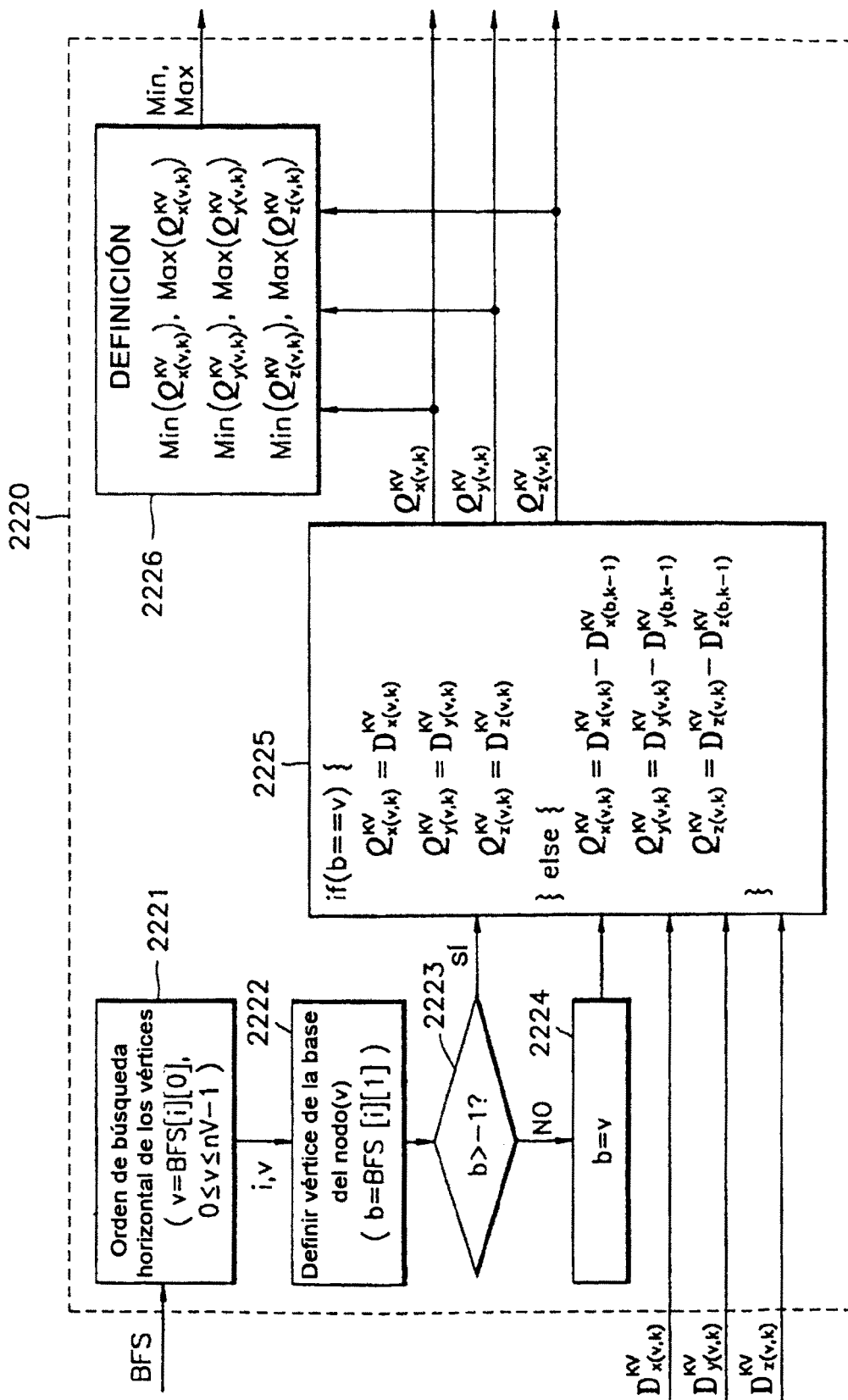


FIG. 10

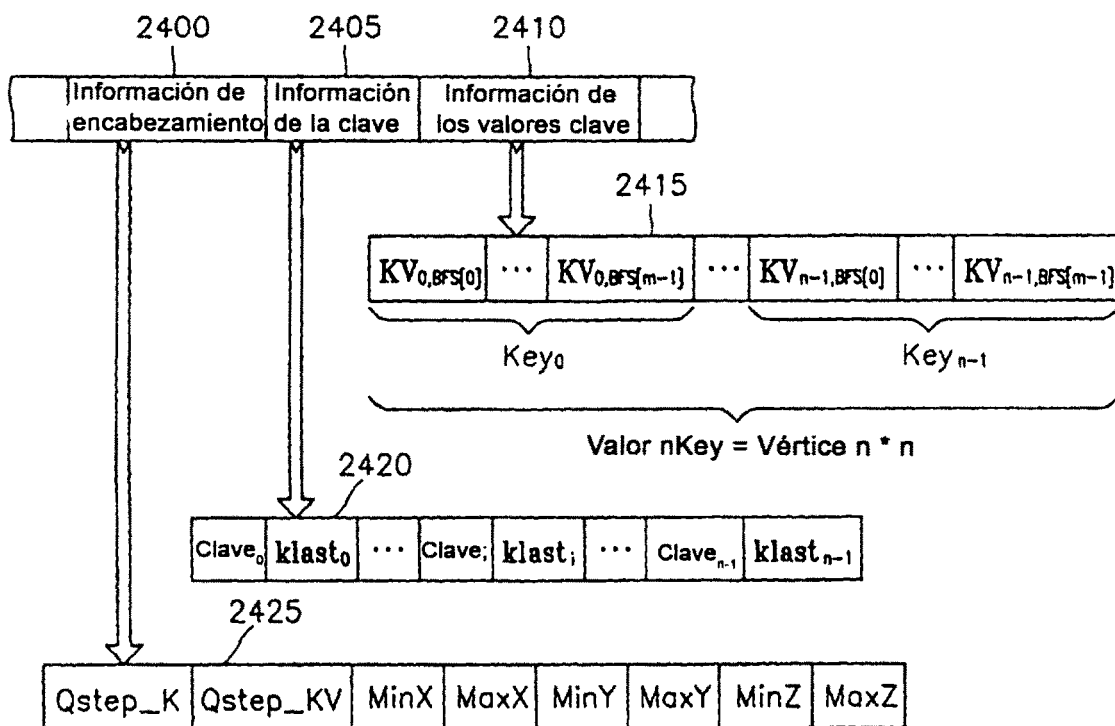
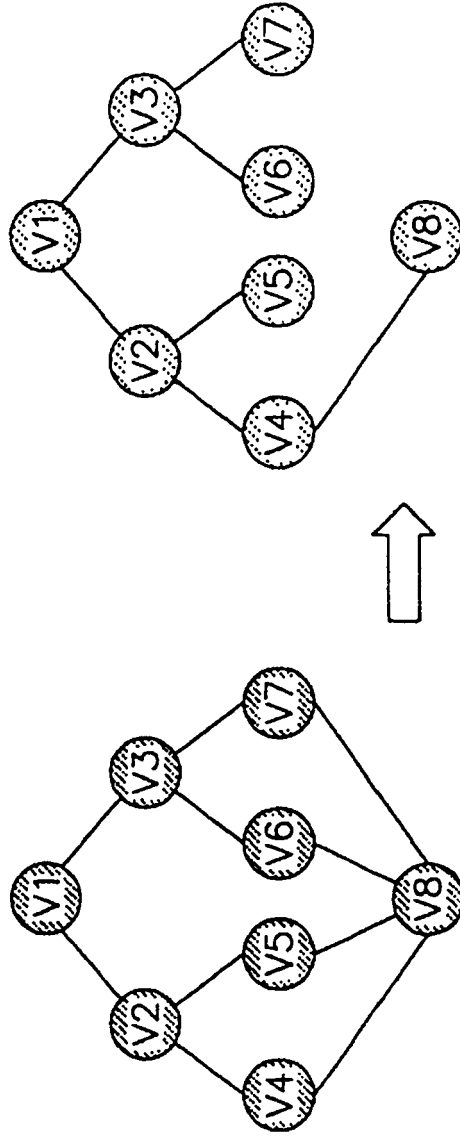


FIG. 11



Orden de búsqueda: V1 → V2 → V3 → V4 → V5 → V6 → V7 → V8

FIG. 12

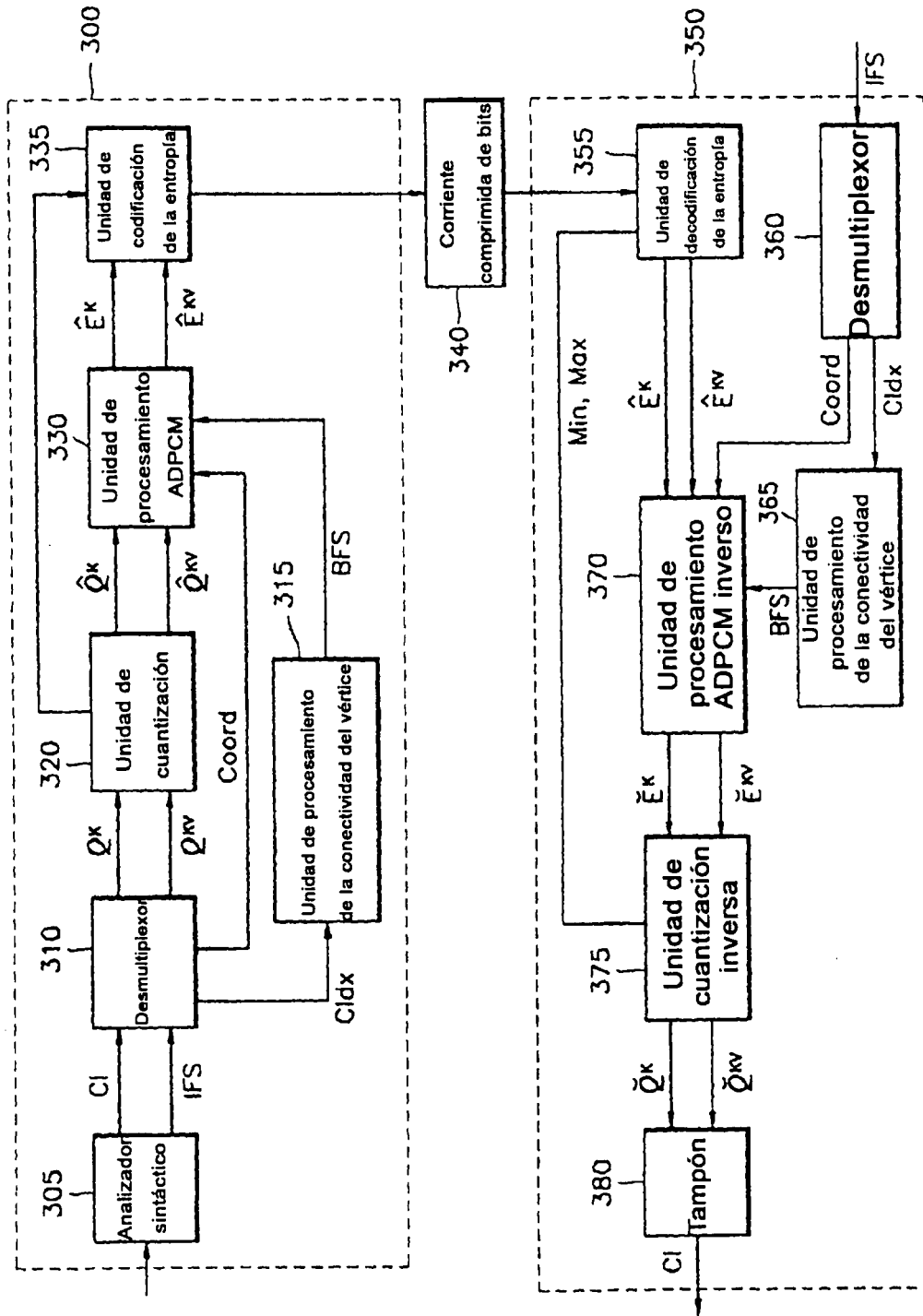


FIG. 13

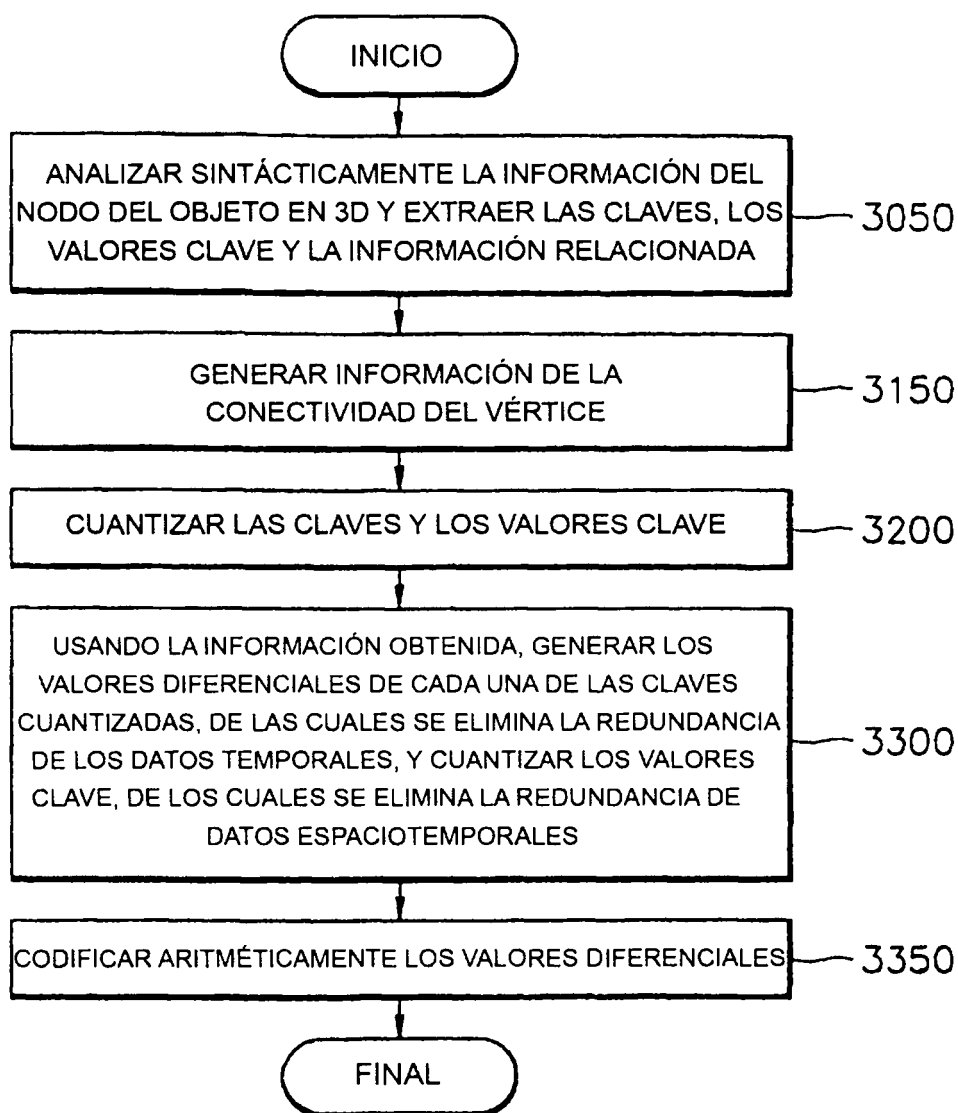


FIG. 14

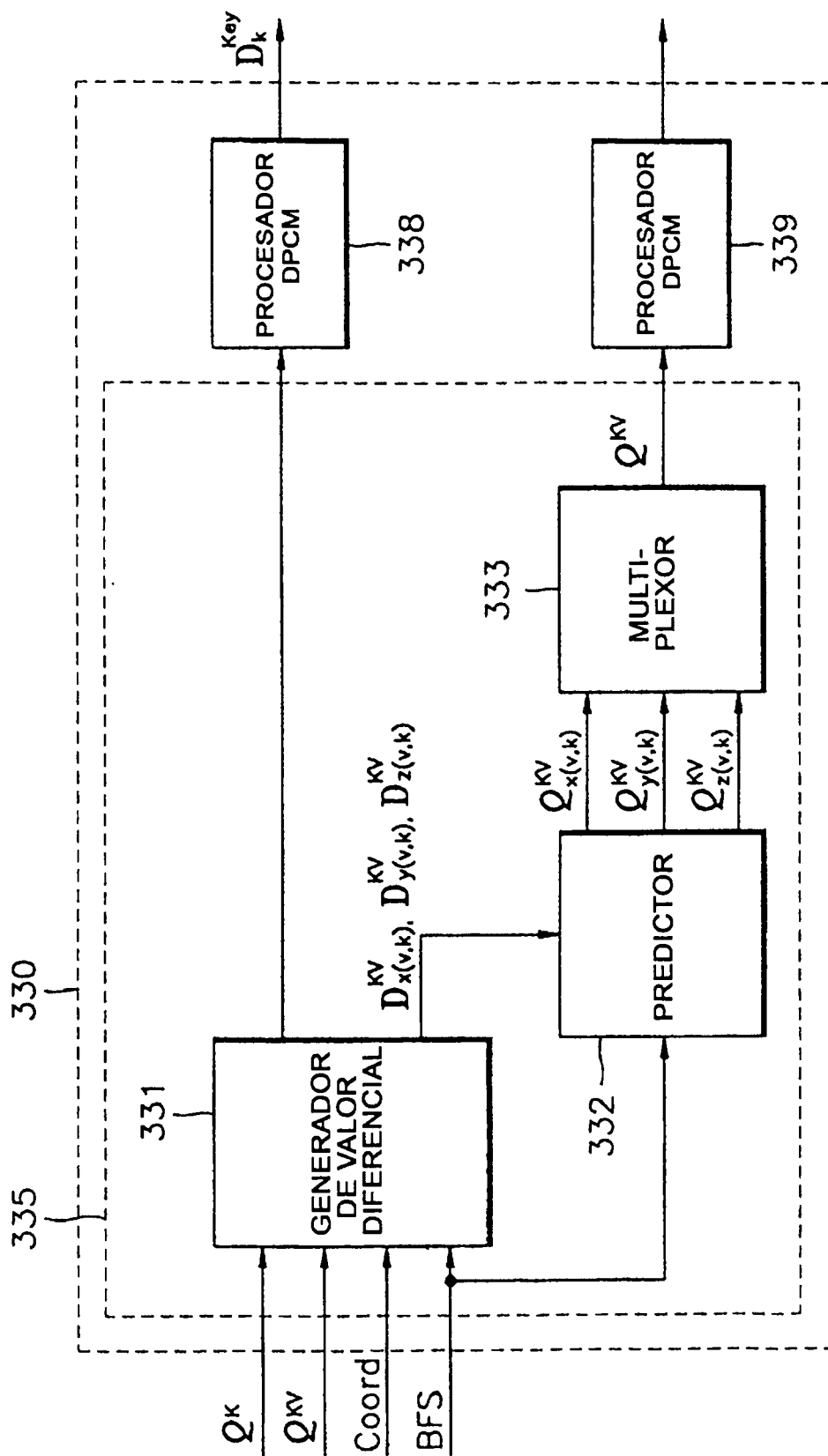


FIG. 15

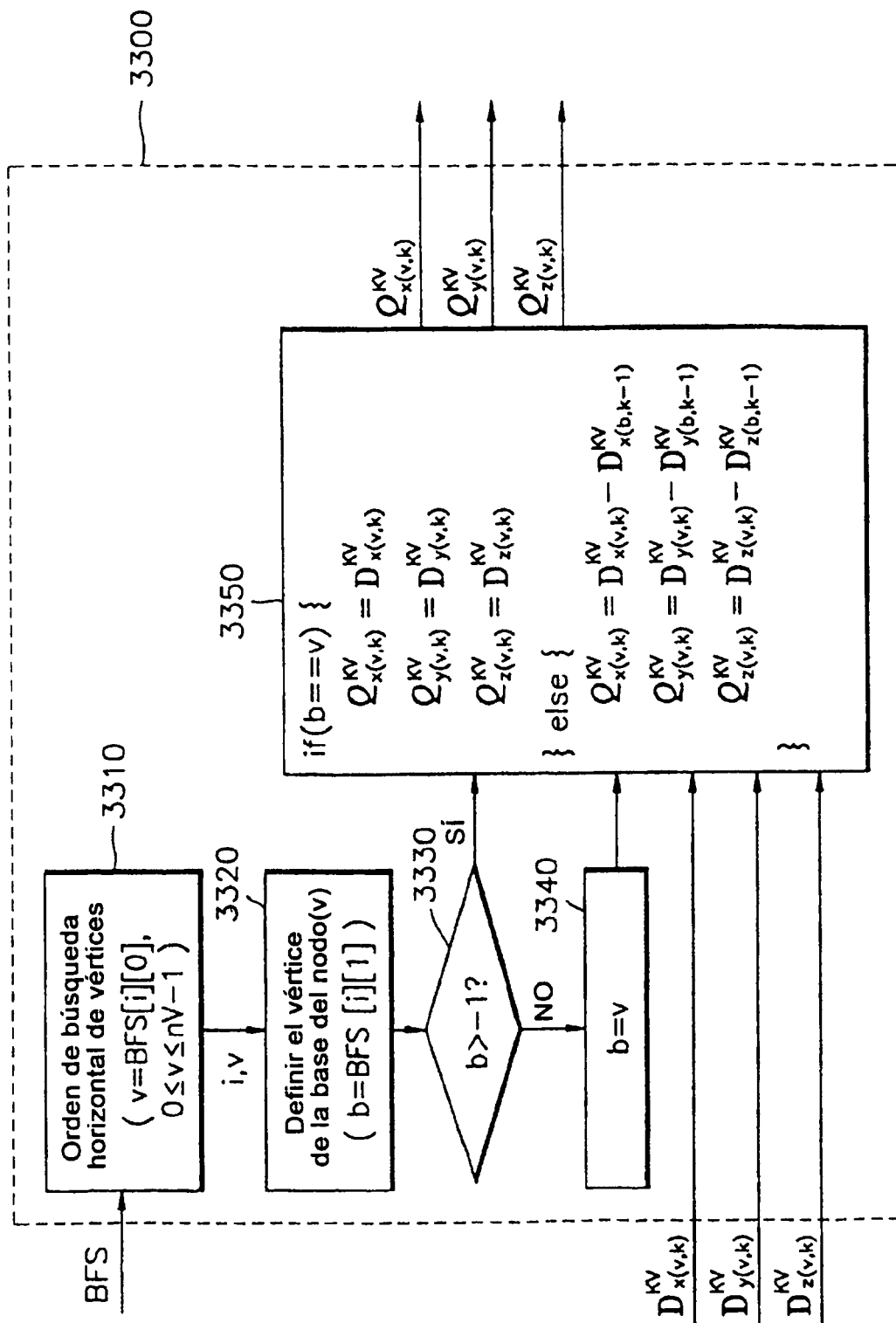


FIG. 16

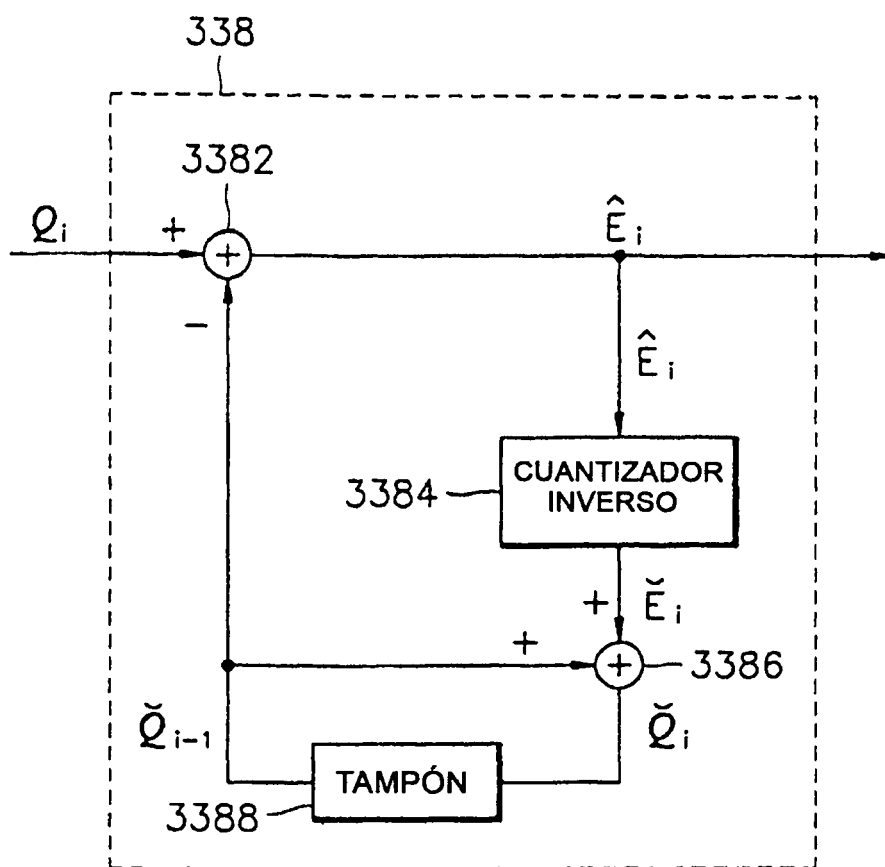


FIG. 17

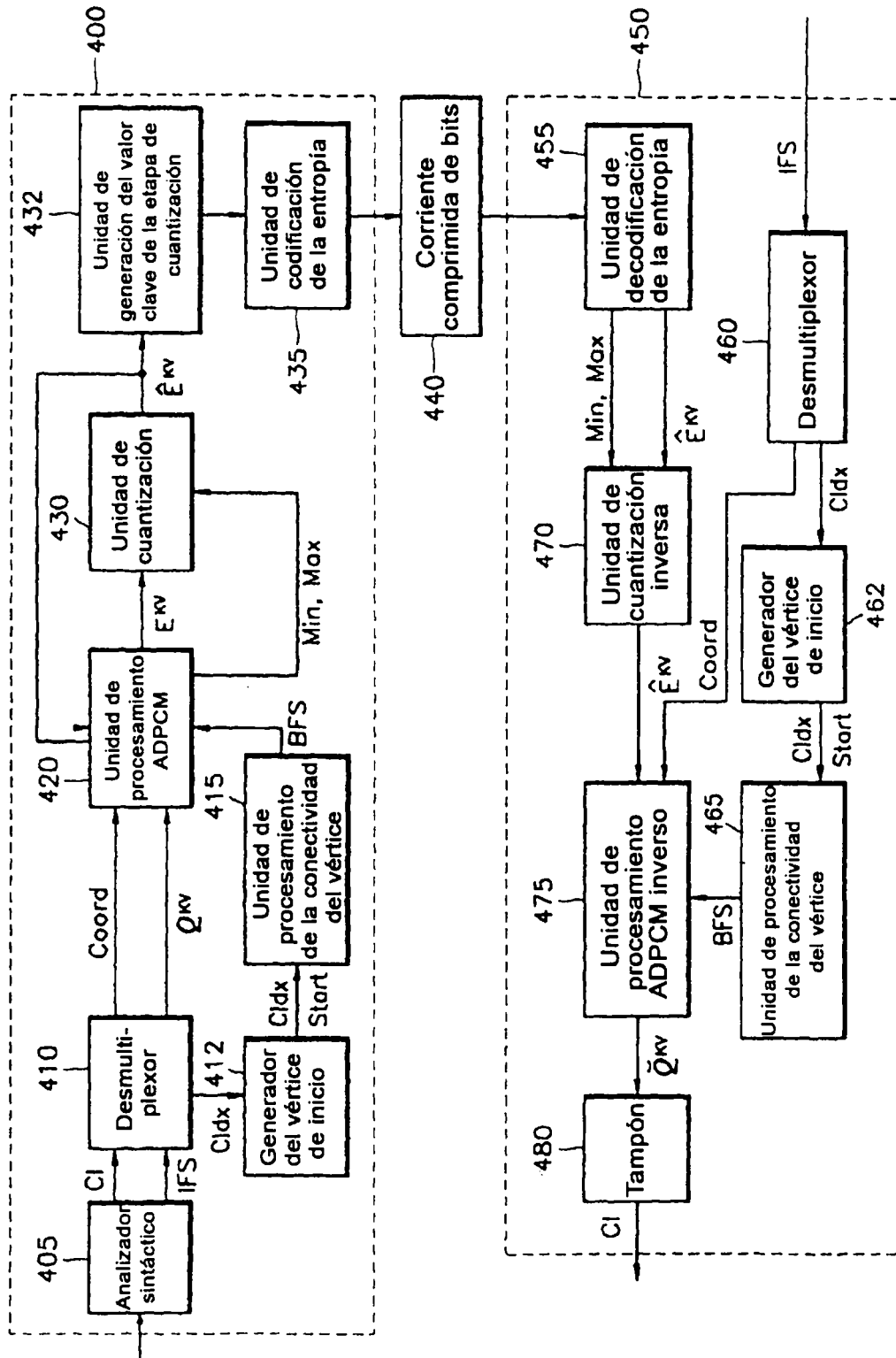


FIG. 18

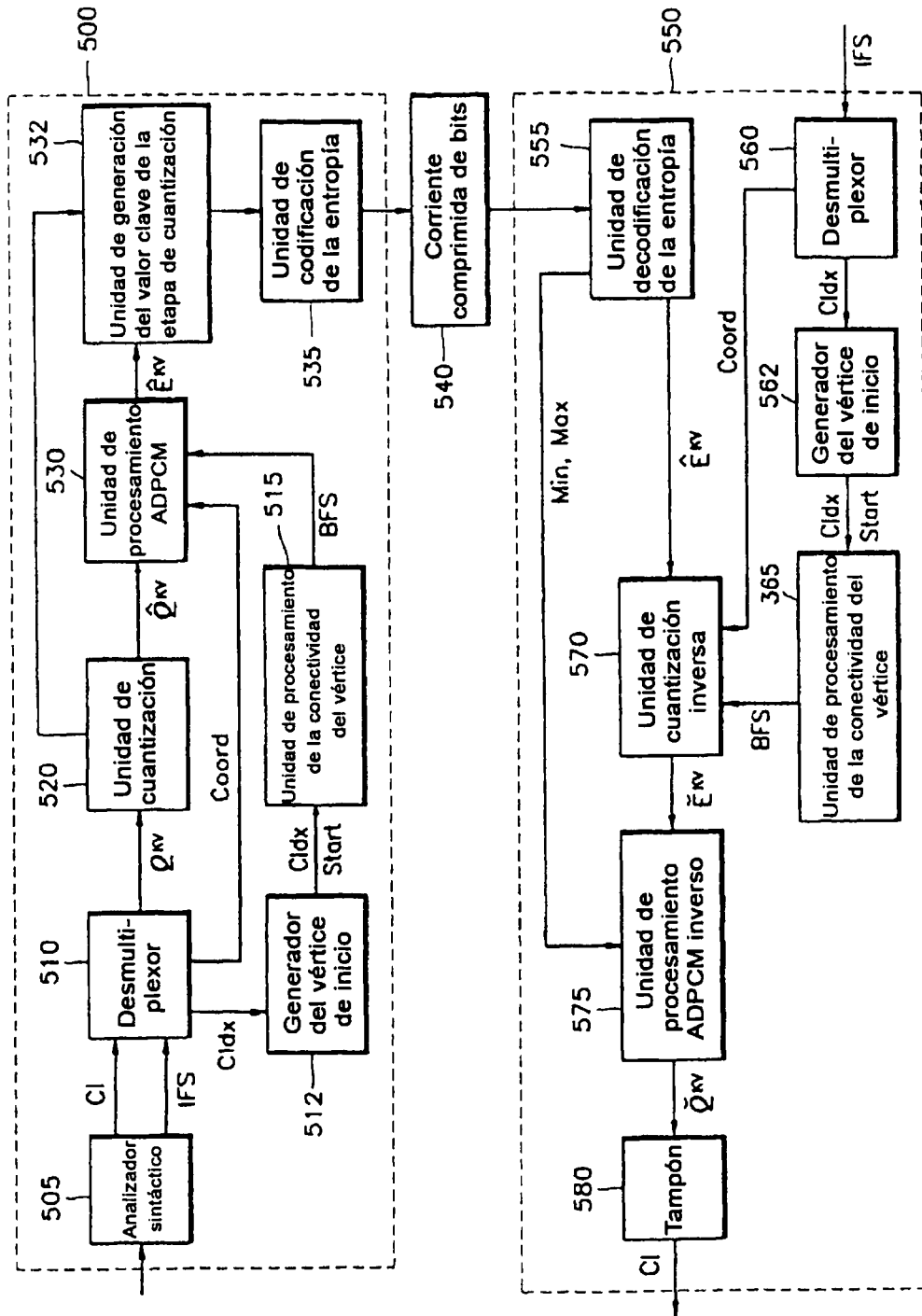


FIG. 19

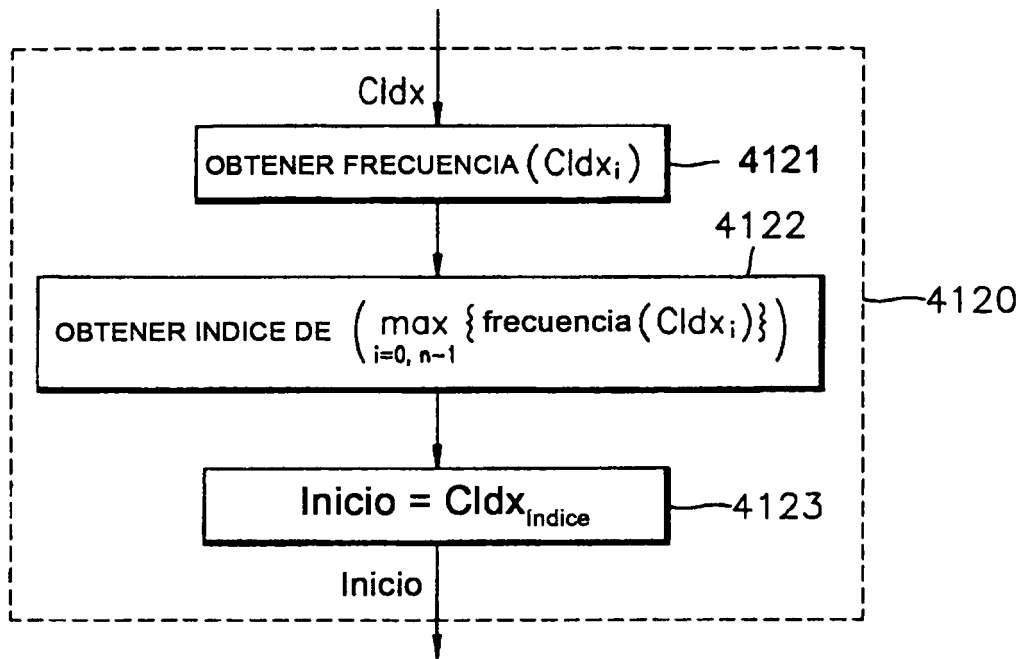


FIG. 20

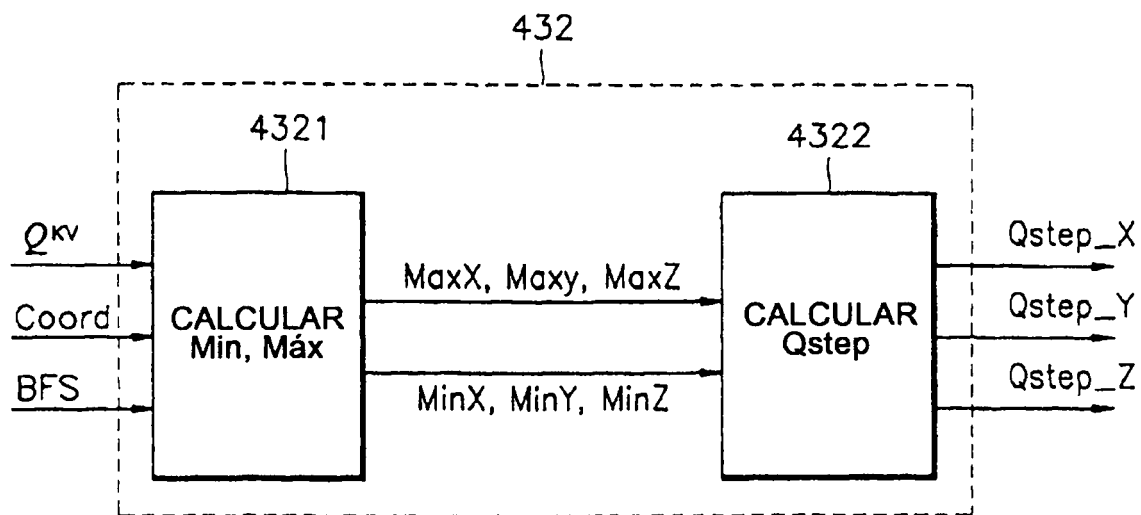


FIG. 21

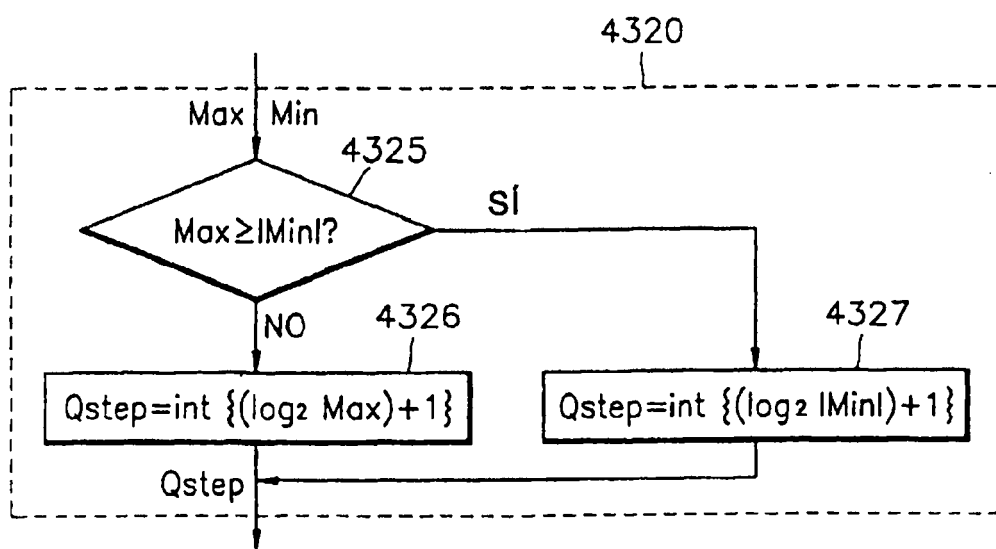


FIG. 22

