

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 123**

51 Int. Cl.:

G06T 17/20 (2006.01)

G06T 15/08 (2011.01)

G06T 19/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2016 E 16193486 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 3156975**

54 Título: **Voxelización de una malla**

30 Prioridad:

13.10.2015 US 201514881192

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

04.12.2019

73 Titular/es:

**BIOSENSE WEBSTER (ISRAEL) LTD. (100.0%)
4 Hatnufa Street
2066717 Yokneam, IL**

72 Inventor/es:

**COHEN, BENJAMIN;
ZAR, LIOR y
KATZ, NATAN SHARON**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 734 123 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

Voxelización de una malla

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a la generación de imágenes y, específicamente, a la generación eficiente de una imagen a partir de una malla.

10 Antecedentes de la invención

La solicitud de patente europea EP2728552 desvela e la conversión de una malla en una superficie. Un procesador genera una superficie generalmente lisa que conecta puntos y segmentos de línea. Para generar la superficie, el procesador normalmente utiliza interpolación y/o extrapolación.

15 La solicitud de patente europea EP2902973 desvela un procedimiento y un dispositivo para procesar una imagen de geometría generada a partir de una malla asociada con una escena 3D y que comprende una pluralidad de gráficos que representan cada uno una parte de una escena 3D.

20 En muchos campos es importante poder manipular las imágenes de manera oportuna. La manipulación se vuelve más intensiva en lo que respecta a los ordenadores a medida que aumenta la resolución, el tamaño y la cantidad de colores en la imagen. En campos críticos de tiempo, como durante un procedimiento quirúrgico, se puede requerir que la manipulación se realice sustancialmente en tiempo real, lo que lleva a demandas adicionales sobre los recursos informáticos utilizados para presentar la imagen. En algunos casos, para mantener el comportamiento en tiempo real,
 25 la calidad de la imagen puede reducirse, por ejemplo, reduciendo la resolución de la imagen o reduciendo el número de colores en la imagen.

Sumario de la invención

30 El alcance de la presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones y/o ejemplos de la siguiente descripción que no están cubiertos por las reivindicaciones adjuntas deben considerarse como que no forman parte de la presente invención.

35 Un procedimiento desvelado para la representación 3D de acuerdo con la reivindicación 1 incluye:

recibir un grupo de triángulos 3D que definen una malla triangular de una superficie, teniendo cada triángulo 3D en el grupo tres vértices 3D con sus respectivas coordenadas 3D;

40 transformar cada triángulo 3D en un triángulo bidimensional (2D) correspondiente que tenga tres vértices 2D correspondientes respectivamente a los vértices 3D, cada vértice 2D con coordenadas de píxeles 2D respectivas y un triplete de atributos de píxeles correspondientes a las coordenadas 3D de un vértice 3D correspondiente, en donde las coordenadas de píxeles 2D de los vértices 2D son las mismas para todos los triángulos 3D;

45 pasar cada triángulo 2D a un procesador gráfico, que trata el triplete de los atributos de píxeles de cada vértice 2D como valores interpolables;

50 en el procesador gráfico, calcular los tripletes respectivos de los atributos de píxeles interpolados para los píxeles dentro de cada triángulo 2D mediante la interpolación entre los atributos de píxeles de los vértices 2D del triángulo 2D; y

renderizar una imagen 3D de la superficie mediante la conversión de los atributos de píxeles interpolados calculados por el procesador gráfico en coordenadas de vóxel en la imagen 3D.

55 El procedimiento generalmente incluye, después de pasar un triángulo 2D dado al procesador de gráficos, rellenar el triángulo 2D dado con los píxeles dentro del triángulo 2D dado.

60 En una realización desvelada, los atributos de píxeles interpolados incluyen una interpolación ponderada del triplete de atributos de píxeles de cada vértice 2D. Normalmente, la interpolación ponderada incluye la aplicación de un peso al triplete de atributos de píxel de un vértice 2D dado que es inversamente proporcional a la distancia de un píxel dado al vértice 2D dado.

65 En una realización desvelada adicional, convertir los atributos de píxel interpolados en coordenadas de vóxel consiste en encerrar la malla triangular en un paralelepípedo rectangular de vóxeles, y seleccionar vóxeles que contengan o toquen los atributos de píxel interpolados como vóxeles de la superficie.

En una realización aún más desvelada, la superficie está incluida en una cámara de un corazón.

En una realización alternativa adicional, cada triángulo 2D está configurado para llenar una pantalla virtual.

- 5 Se desvela adicionalmente un aparato para la representación tridimensional (3D) de acuerdo con la reivindicación 6, que incluye:

una unidad de procesamiento configurada para:

- 10 recibir un grupo de triángulos 3D que definen una malla triangular de una superficie, cada triángulo 3D en el grupo que tiene tres vértices 3D con sus respectivas coordenadas 3D, y

- transformar cada triángulo 3D en un triángulo bidimensional (2D) correspondiente que tenga tres vértices 2D correspondientes respectivamente a los vértices 3D, cada vértice 2D tenga coordenadas de píxel 2D respectivas y un triplete de atributos de píxel correspondientes a las coordenadas 3D de un vértice 3D correspondiente, en donde las coordenadas de píxeles 2D de los vértices 2D son las mismas para todos los triángulos 3D; y

un procesador gráfico configurado para:

- 20 recibir cada triángulo 2D y tratar el triplete de los atributos de píxeles de cada vértice 2D como valores interpolables, calcular los respectivos tripletes de los atributos de píxeles interpolados para los píxeles dentro de cada triángulo 2D mediante la interpolación entre los atributos de píxeles de los vértices 2D del triángulo 2D, y

- 25 en el que la unidad de procesamiento está configurada para representar una imagen 3D de la superficie mediante la conversión de los atributos de píxeles interpolados calculados por el procesador gráfico en coordenadas de vóxel en la imagen 3D.

- 30 La presente divulgación se entenderá más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos, en los cuales:

Breve descripción de los dibujos

- 35 La figura 1 es una ilustración esquemática de un aparato de voxelización, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 2 es una ilustración esquemática de puntos que están registrados por un sensor cuando entra en contacto con una superficie, de acuerdo con una realización de la presente invención;

- 40 la figura 3 es un diagrama de flujo de pasos realizados por una unidad de procesamiento para producir una imagen, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

la figura 4 es un diagrama que ilustra una de las etapas del diagrama de flujo, de acuerdo con una realización de la presente invención.

45

Descripción detallada de realizaciones

Visión general

- 50 La manipulación de imágenes de superficie, como rotar, traducir, ampliar y/o desmagnificar las imágenes, por lo general, requiere un uso intensivo de ordenadores. Además, a medida que aumenta la resolución de las imágenes y el número de colores en las imágenes, también debe aumentar la potencia de cálculo necesaria para realizar las manipulaciones de manera oportuna. En lugar de proporcionar tal poder de cómputo incrementado, los sistemas de la técnica anterior pueden reducir la resolución de la imagen, reducir el número de colores y/o aumentar el tiempo necesario para manipular la imagen.

55

Las realizaciones de la presente invención adoptan una estrategia diferente, al proporcionar el mayor poder de cómputo necesario para la manipulación rápida de imágenes que tienen una alta resolución. La mayor potencia de la computadora se proporciona en forma de un procesador de gráficos dedicado. Como se sabe en la técnica, un procesador de gráficos tiene una estructura altamente paralela, lo que lo hace más efectivo que las unidades de procesamiento de propósito general para procesar grandes bloques de datos.

60

En realizaciones de la presente invención, una unidad de procesamiento de propósito general recibe un grupo de triángulos tridimensionales (3D) que definen una malla de una superficie, cada uno de los triángulos tiene tres vértices 3D con sus respectivas coordenadas 3D. La unidad de procesamiento transforma cada triángulo 3D en un triángulo bidimensional (2D) correspondiente que tiene tres vértices 2D correspondientes a los vértices 3D. Normalmente,

65

aunque los triángulos 3D son diferentes, los triángulos 2D pueden ser un triángulo 2D común, con un conjunto de vértices 2D. Cada vértice 2D tiene coordenadas de píxel 2D, y además a cada vértice se le asigna un triplete de atributos de píxel que son las coordenadas 3D de un vértice 3D correspondiente.

5 La unidad de procesamiento pasa cada triángulo 2D a un procesador gráfico dedicado que trata el triplete de los atributos de píxel de cada vértice 2D como valores interpolables, es decir, valores entre los cuales el procesador gráfico puede realizar la interpolación. En algunos usos de un procesador gráfico, los valores interpolables introducidos en el procesador son valores de color. El procesador de gráficos está configurado para llenar cada triángulo 2D con píxeles dentro del triángulo. Además, al tratar el triplete de los atributos de píxel de cada vértice 2D como valores
10 interpolables, el procesador gráfico computa los tripletes respectivos de los atributos de píxel interpolados para cada uno de los píxeles rellenos. La interpolación es típicamente una media ponderada de los tríos de vértice 2D, la ponderación se configura para que sea inversamente proporcional a la distancia de un píxel relleno dado de los vértices 2D.

15 La unidad de procesamiento puede recibir los tripletes de los atributos de píxeles interpolados del procesador de gráficos, y usar los tripletes como puntos 3D dentro del triángulo 3D correspondiente. Normalmente, la unidad de procesamiento encierra inicialmente la malla en un conjunto de vóxeles y, después de realizar el proceso descrito anteriormente, selecciona los vóxeles que encierran o tocan los puntos 3D. La unidad de procesamiento luego utiliza las coordenadas de vóxel de los vóxeles seleccionados para representar una imagen 3D de la superficie asociada con
20 la malla en una pantalla.

Al utilizar un procesador gráfico dedicado que está configurado para tratar un triplete de atributos de píxel como valores interpolables, las realizaciones de la presente invención utilizan la naturaleza altamente paralela del procesador gráfico para manipular de manera eficiente las imágenes de alta resolución en tiempo real.

25

Descripción del sistema

En la siguiente descripción, los elementos similares en los dibujos se identifican con números similares, y los elementos similares se diferencian según sea necesario agregando una letra al número de identificación.

30 La figura 1 es una ilustración esquemática de un aparato de voxelización 20, de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se describe a continuación, el aparato 20 está configurado para determinar los vóxeles comprendidos en una superficie tridimensional (3D) 22. A modo de ejemplo, se supone que el aparato se utiliza en un procedimiento médico invasivo, y la superficie 22 sobre la que se realiza el procedimiento. se supone que comprende la superficie de una cámara 24 de un corazón 26 de un paciente humano 28. Se supone que el procedimiento lo realiza un profesional médico 30. También a modo de ejemplo, se supone que el procedimiento comprende la ablación de la superficie 24. Sin embargo, se entenderá que las realizaciones de la presente invención no solo son aplicables a este procedimiento específico en una superficie particular, y pueden incluir sustancialmente cualquier procedimiento en cualquier superficie.

40 El aparato 20 está controlado por una unidad de procesamiento del sistema (UP) 46, que está ubicada en una consola de operación 48 del aparato. La UP 46 está en comunicación con un procesador gráfico (PG) 50 y con un módulo de seguimiento 52, cuyas funciones se describen a continuación. La UP 46 también suele estar en comunicación con otros módulos utilizados para el procedimiento, como un módulo de ablación y un módulo de irrigación, pero por simplicidad, estos módulos no se muestran en la figura 1. La consola 48 incluye controles 54 que son utilizados por el profesional 30 a comunicarse con la unidad de procesamiento.

Típicamente, antes de realizar el procedimiento, la superficie 22 se mapea, y se supone que el mapeo es realizado por el profesional 30. Para realizar el mapeo, una sonda 60 puede configurarse para tener un sensor de ubicación 62 en su extremo distal, la ubicación El sensor está en comunicación con la UP 46, de modo que las señales del sensor permiten que la unidad de procesamiento determine la ubicación del sensor. El sensor 62 puede usar cualquier procedimiento para determinar su ubicación conocida en la técnica. Por ejemplo, el sensor 62 puede comprender una o más bobinas, y UP 46 puede usar un procedimiento de seguimiento magnético, en el que los transmisores magnéticos 64 externos al paciente 28 generan señales en las bobinas. La unidad de procesamiento puede usar un
50 módulo de seguimiento, como el módulo de seguimiento 52, para convertir las señales en coordenadas de ubicación en un marco tridimensional (3D) de referencia 66 definido por los transmisores magnéticos. En la figura 1, el marco de referencia 3D se ilustra mediante un conjunto de ejes xyz ortogonales. El sistema Carto® producido por Biosense Webster, de Diamond Bar, CA, utiliza un procedimiento de seguimiento de este tipo.

60 Para realizar el mapeo, el profesional puede insertar la sonda 60 en un lumen del paciente, de modo que el extremo distal de la sonda entre en la cámara 24 del corazón del paciente, y el sensor 62 haga contacto con la superficie 22 de la cámara en múltiples puntos. Desde el mapeo, la UP 46 puede generar una imagen 70 de la superficie 22, que la unidad de procesamiento suele presentar al profesional 30 en una pantalla 74. Durante el procedimiento, el profesional 30 puede manipular la imagen 70, por ejemplo, girando, cambiando la ampliación, cambiando la dirección de la vista
65 y/o que muestra solo una parte de la imagen, utilizando los controles 54. La producción de la imagen 70 se describe a continuación.

El software para UP 46, PG 50 y el módulo 52 se pueden descargar en forma electrónica, a través de una red, por ejemplo. Alternativa o adicionalmente, el software puede proporcionarse en medios tangibles no transitorios, tales como medios de almacenamiento ópticos, magnéticos o electrónicos.

5 La figura 2 es una ilustración esquemática de los puntos 100 que están registrados por el sensor 62 cuando hace contacto con la superficie 22, de acuerdo con una realización de la presente invención. Típicamente, durante la asignación mencionada anteriormente, la UP 46 almacena inicialmente las coordenadas 3D de los puntos 100 según se mide en el marco de referencia 3D definido por los transmisores 64. La unidad de procesamiento luego conecta las
10 coordenadas 3D de los puntos 100, aquí también denominadas vértices 3D 100, por línea segmentos 102, que utilizan cualquier procedimiento conocido en la técnica, como el algoritmo de giro de bolas, para producir un conjunto de triángulos 3D conectados 104A, 104B, 104C, ..., denominados generalmente triángulos 104. Los triángulos 3D 104 forman una malla triangular 106 de la superficie. Como se describe a continuación con referencia al diagrama de flujo de la figura 3, UP 46 usa PG 50 para convertir la malla 106 en la imagen 70.

15 La figura 3 es un diagrama de flujo de pasos realizados por la UP 46 para producir la imagen 70, y la figura 4 es un diagrama que ilustra uno de los pasos del diagrama de flujo, de acuerdo con una realización de la presente invención. En una etapa inicial 150, la unidad de procesamiento genera una malla triangular 3D, que en el presente documento se supone que comprende una malla 106, de la superficie 22, generalmente como se describió anteriormente con referencia a las Figs. 1 y 2. La generación de la malla comprende determinar coordenadas 3D, como tripletes ordenados, de los vértices 3D 100 de la malla, luego determinar las ecuaciones de los segmentos de línea 102 que conectan los vértices para formar los triángulos 3D 104, en el marco de referencia 66.

25 En una etapa de encerramiento 151, la malla 3D se encierra en un volumen 3D compuesto de vóxeles. Típicamente, aunque no necesariamente, los bordes del volumen envolvente se seleccionan para que sean paralelos a los ejes xyz del marco de referencia 66. El número 30 y el tamaño de los vóxeles pueden ser seleccionados por el profesional 30. Los vóxeles son típicamente cúbicos y son típicamente iguales en tamaño. Los volúmenes 3D típicos pueden comprender $128 \times 128 \times 128$ o $512 \times 512 \times 512$ vóxeles, pero las realizaciones de la presente invención no están limitadas a estos valores específicos, y el profesional 30 puede seleccionar otras configuraciones de vóxel convenientes para el volumen 3D.

35 En una etapa 152 de selección de triángulos, la unidad de procesamiento selecciona un triángulo 3D, que aquí se supone que es el triángulo 104A, y registra las coordenadas 3D de los vértices 3D del triángulo, que se supone que son tripletes (x_{A1}, y_{A1}, z_{A1}) , (x_{A2}, y_{A2}, z_{A2}) , (x_{A3}, y_{A3}, z_{A3}) .

40 En una etapa de conversión 154, en preparación para ingresar datos a PG 50, el triángulo 3D seleccionado se convierte en un triángulo 2D. Cada una de las coordenadas 3D de los vértices 3D del triángulo seleccionado se coloca en una correspondencia uno a uno con las respectivas coordenadas 2D de los vértices bidimensionales (2D). Cada uno de los vértices 2D tiene coordenadas de píxeles 2D y un triplete de atributos de píxeles del vértice 3D correspondiente.

La figura 4 y la Tabla I a continuación ilustran la correspondencia formada en la etapa 154.

| Triangulo 3D | Triangulo 2D |
|----------------------------|--|
| Vértices 3D | Vértices 2D y triplete de píxeles |
| (x_{A1}, y_{A1}, z_{A1}) | $((x_{s1}, y_{s1}), [x_{A1}, y_{A1}, z_{A1}])$ |
| (x_{A2}, y_{A2}, z_{A2}) | $((x_{s2}, y_{s2}), [x_{A2}, y_{A2}, z_{A2}])$ |
| (x_{A3}, y_{A3}, z_{A3}) | $((x_{s3}, y_{s3}), [x_{A3}, y_{A3}, z_{A3}])$ |

55 La figura 4 ilustra el triángulo 3D 104A, con sus tres vértices 3D, dibujados en el marco de referencia 66. Un triángulo 2D 180, correspondiente al triángulo 3D 104A, se dibujó en una pantalla 2D 182 que tiene un marco de referencia 2D 184. Triángulo 180, la pantalla 182 y el marco de referencia 184 se han dibujado en líneas discontinuas para indicar que la correspondencia generada en la etapa 154 no implica ninguna ubicación real de puntos en una pantalla, y que la pantalla 182 es una pantalla virtual. Por lo tanto, el triángulo 2D se dibuja en líneas discontinuas ya que no hay un dibujo real del triángulo 182.

60 Como se describe más adelante, la etapa 154 se repite para diferentes triángulos 3D seleccionados en la etapa 152. Sin embargo, aunque los triángulos 3D pueden ser diferentes, el triángulo 2D al que se convierten puede ser el mismo, de modo que en este caso hay uno Triángulo 2D común para todos los triángulos 3D. En algunas realizaciones, los vértices 2D del triángulo 2D común se seleccionan de manera que el triángulo 2D llene la pantalla 182. En este caso, y suponiendo que la pantalla 182 en el marco de referencia 184 tiene esquinas (1,1), (1, -1), (-1, -1) y (-1,1). La Tabla II se aplica a la correspondencia.

| Triángulo 3D | Triángulo 2D |
|----------------------------|--|
| Vértices 3D | Vértices 2D y Triplete de píxeles |
| (X_{A1}, y_{A1}, Z_{A1}) | $((0.0, 1.0), [X_{A1}, y_{A1}, Z_{A1}])$ |
| (X_{A2}, y_{A2}, Z_{A2}) | $((-1.0, -1.0), [X_{A2}, y_{A2}, Z_{A2}])$ |
| (X_{A3}, y_{A3}, Z_{A3}) | $((1.0, -1.0), [X_{A3}, y_{A3}, Z_{A3}])$ |

En una entrada de PG y paso de relleno 156, UP 46 pasa los vértices 2D y los tripletes de píxeles asociados del triángulo 2D a PG 50. PG 50 se configura, al recibir los tres vértices 2D, para llenar el triángulo 182 con píxeles 2D, cada 2D píxel con coordenadas de pantalla 2D respectivas (x_p, y_p) , $p = 1, 2, 3, \dots$

Además, la PG está configurada para tratar los atributos de cada triplete de píxeles asociados con los vértices 2D como valores interpolables. En cuanto a su tratamiento de valores interpolables, para cada píxel 2D interpolado (x_p, y_p) el PG calcula el valor de un triplete de píxeles $[x_{wp}, y_{wp}, z_{wp}]$ asociado con el píxel como el promedio ponderado de los tres tripletes de píxeles de los vértices 2D del triángulo 182, la ponderación se determina de acuerdo con la proximidad del píxel interpolado a los vértices.

Una expresión para $[x_{wp}, y_{wp}, z_{wp}]$ viene dada por la ecuación (1):

$$\begin{bmatrix} x_{wp}, y_{wp}, z_{wp} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} w_1x_{A1} + w_2x_{A2} + w_3x_{A3}, w_1y_{A1} + w_2y_{A2} + w_3y_{A3}, \\ w_1z_{A1} + w_2z_{A2} + w_3z_{A3} \end{bmatrix} \quad (1)$$

en la que w_1, w_2, w_3 Son factores de ponderación normalizados que son inversamente proporcionales a las distancias d_1, d_2, d_3 del píxel 2D (x_p, y_p) a los vértices 2D $(x_{s1}, y_{s1}), (x_{s2}, y_{s2}), (x_{s3}, y_{s3})$.

Por ejemplo, si $d_1 = d_2 = d_3$, entonces

$$w_1 = w_2 = w_3 = \frac{1}{3}.$$

Como segundo ejemplo, si $d_1 = d_2 = 2d_3$, entonces

$$w_1 = w_2 = \frac{1}{4}$$

y

$$w_3 = \frac{1}{2}.$$

En la etapa 156, la unidad de procesamiento determina los valores de un triplete respectivo $[x_{wp}, y_{wp}, z_{wp}]$, según la ecuación (1), para cada uno de los píxeles 2D (x_p, y_p) que llenan el triángulo 2D 182.

En una etapa de asociación 158, los valores de cada triplete $[x_{wp}, y_{wp}, z_{wp}]$, de los píxeles rellenos en la etapa 156, están asociados con el triángulo 104A, formando un conjunto $\{S\}$ de tripletes para el triángulo, y la unidad de procesamiento almacena el conjunto de tripletes. Será evidente a partir de la ecuación (1) que cada triplete del conjunto $\{S\}$ es equivalente a un punto 3D dentro del triángulo 104A.

En una etapa de decisión 160, la unidad de procesamiento verifica si se ha almacenado un conjunto de tripletes, es decir, un conjunto de puntos 3D dentro de un triángulo 3D 104 dado, para todos los triángulos 3D en la malla 106. Si existe un triángulo 3D 104 sin tal establece, luego el diagrama de flujo vuelve al paso 152. Si se han almacenado los conjuntos respectivos de puntos 3D para todos los triángulos 104 en la malla 106, entonces el diagrama de flujo continúa hasta la etapa 162 de voxelización.

En la etapa 162 de voxelización para cada vóxel del volumen 3D formado en la etapa 151, la UP 46 verifica si al menos uno de los tripletes almacenados en la etapa 158 está contenido en, o toca, el vóxel. Dicho vóxel se "marca" o se selecciona, ya que se supone que se trata de un vóxel comprendido en la superficie 22. Se supone que todos los demás vóxeles en el volumen 3D, es decir, aquellos que no encierran o tocan un triplete almacenado en la etapa 158,

Comprendido en la superficie 22.

La UP 46 usa las coordenadas de vóxeles de los vóxeles seleccionados para representar la imagen 70 de la superficie 22 en la pantalla 74.

5

Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente se citan a modo de ejemplo, y que la presente invención no se limita a lo que se ha mostrado y descrito particularmente anteriormente en el presente documento.

10

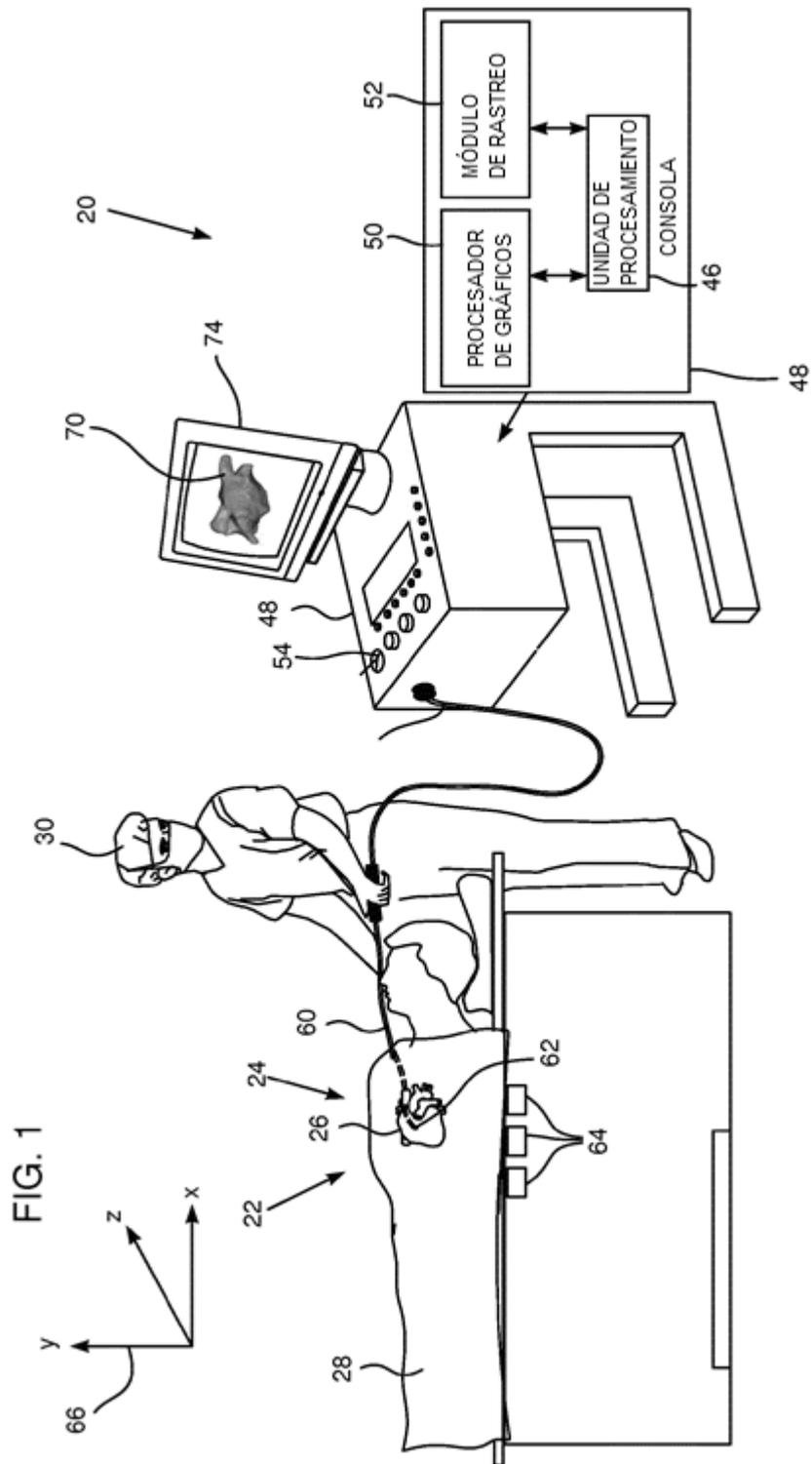
REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la representación tridimensional (3D), que comprende:
- 5 recibir un grupo de triángulos 3D (104) que definen una malla triangular de una superficie, teniendo cada triángulo 3D (104) en el grupo tres vértices 3D con sus respectivas coordenadas 3D;
- transformar cada triángulo 3D en un triángulo bidimensional (180) correspondiente que tiene tres vértices 2D que corresponden respectivamente a los vértices 3D, cada vértice 2D que tiene respectivas coordenadas de píxeles 2D y
- 10 un triplete de atributos de píxeles correspondientes a las coordenadas 3D de un correspondiente Vértice 3D, en el que las coordenadas de píxeles 2D de los vértices 2D son las mismas para todos los triángulos 3D (104);
- pasar cada triángulo 2D (180) a un procesador gráfico (50), que trata el triplete de los atributos de píxeles de cada vértice 2D como valores interpolables;
- 15 en el procesador de gráficos (50), computar tripletes respectivos de atributos de píxel interpolados para píxeles dentro de cada triángulo 2D mediante interpolación entre los atributos de píxel de los vértices 2D del triángulo 2D; y
- renderizar una imagen 3D (70) de la superficie mediante la conversión de los atributos de píxeles interpolados calculados por el procesador gráfico en coordenadas de vóxel en la imagen 3D (70).
- 20
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, después de pasar un triángulo 2D dado (180) al procesador gráfico (50), rellenar el triángulo 2D dado (180) con los píxeles dentro del triángulo 2D dado (180).
- 25
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los atributos de píxeles interpolados comprenden una interpolación ponderada del triplete de atributos de píxeles de cada vértice 2D.
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la interpolación ponderada comprende aplicar un peso al triplete de atributos de píxel de un vértice 2D dado que es inversamente proporcional a una distancia de un píxel dado al vértice 2D dado.
- 30
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que convertir los atributos de píxel interpolados en coordenadas de vóxel comprende encerrar la malla triangular en un paralelepípedo rectangular de vóxeles, y seleccionar vóxeles que contienen o tocan los atributos de píxel interpolados como vóxeles de la superficie.
- 35
6. Aparato (20) para renderizado tridimensional (3D), que comprende:
- una unidad de procesamiento (46) configurada para:
- 40 recibir un grupo de triángulos 3D (104) que definen una malla triangular de una superficie, cada triángulo 3D (104) en el grupo que tiene tres vértices 3D con sus respectivas coordenadas 3D, y
- transformar cada triángulo 3D (104) en un triángulo bidimensional (2D) correspondiente que tenga tres vértices 2D correspondientes respectivamente a los vértices 3D, cada vértice 2D que tenga respectivas coordenadas de píxeles 2D y un triplete de atributos de píxeles correspondientes a las coordenadas 3D de un vértice 3D correspondiente, en
- 45 el que las coordenadas de píxeles 2D de los vértices 2D son las mismas para todos los triángulos 3D (104); y
- un procesador gráfico (50) configurado para:
- 50 recibir cada triángulo 2D (180) y tratar el triplete de los atributos de píxeles de cada vértice 2D como valores interpolables,
- calcular los tripletes respectivos de los atributos de píxeles interpolados para píxeles dentro de cada triángulo 2D (180) mediante la interpolación entre los atributos de píxeles de los vértices 2D del triángulo 2D (180), y
- 55 en el que la unidad de procesamiento está configurada para representar una imagen 3D de la superficie mediante la conversión de los atributos de píxeles interpolados calculados por el procesador gráfico (50) en coordenadas de vóxel en la imagen 3D.
- 60
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el procesador de gráficos (50) está configurado para rellenar un triángulo 2D dado (180) con los píxeles.
8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los atributos de píxel interpolados comprenden una interpolación ponderada del triplete de atributos de píxel de cada vértice 2D.
- 65
9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la interpolación ponderada comprende aplicar un peso al

triplete de atributos de píxel de un vértice 2D dado que es inversamente proporcional a la distancia de un píxel dado al vértice 2D dado.

5 10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la unidad de procesamiento está configurada para encerrar la malla triangular en un paralelepípedo rectangular de vóxeles, y para seleccionar vóxeles que contienen o tocan los atributos de píxeles interpolados como vóxeles de la superficie.

10 11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o el aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la superficie está comprendida en una cámara de un corazón (26).



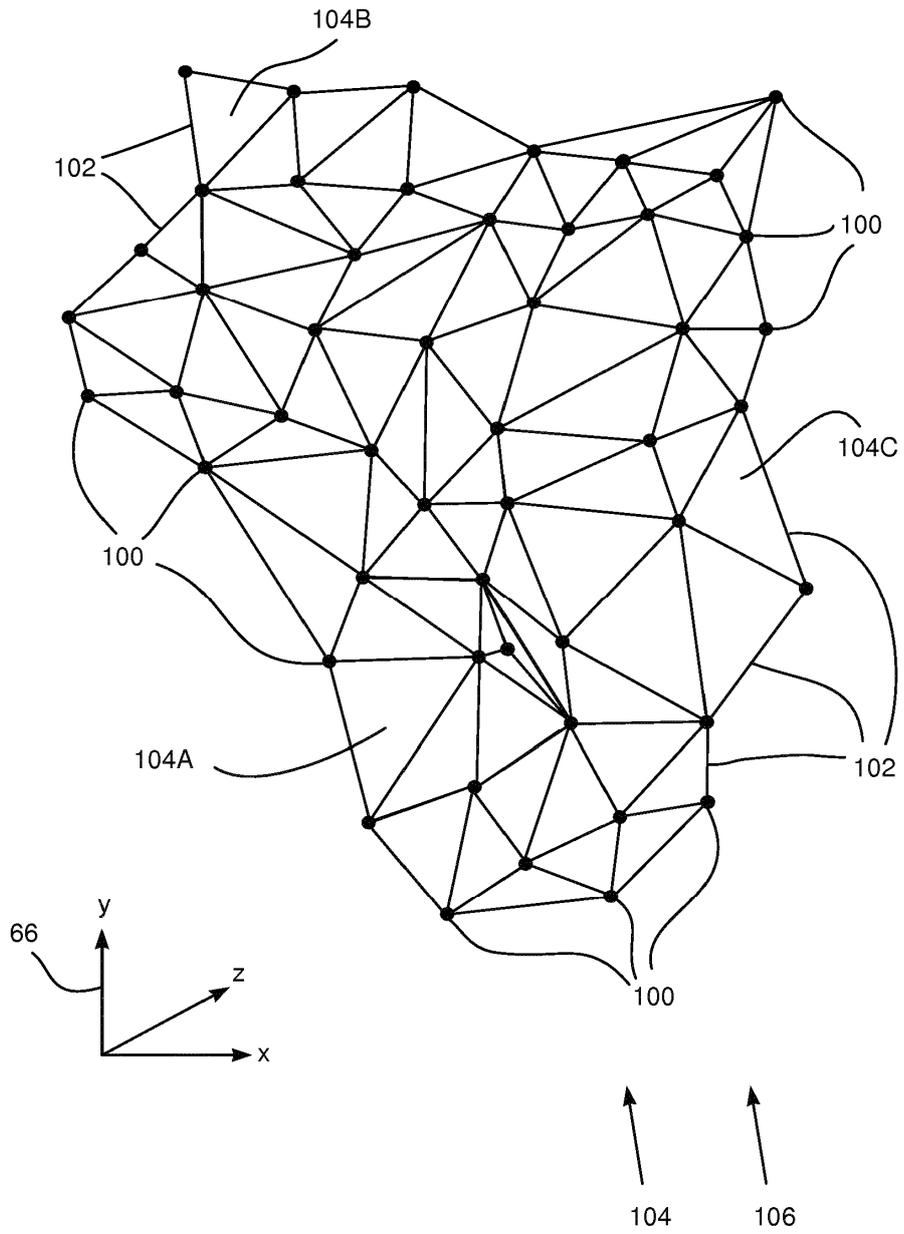


FIG. 2

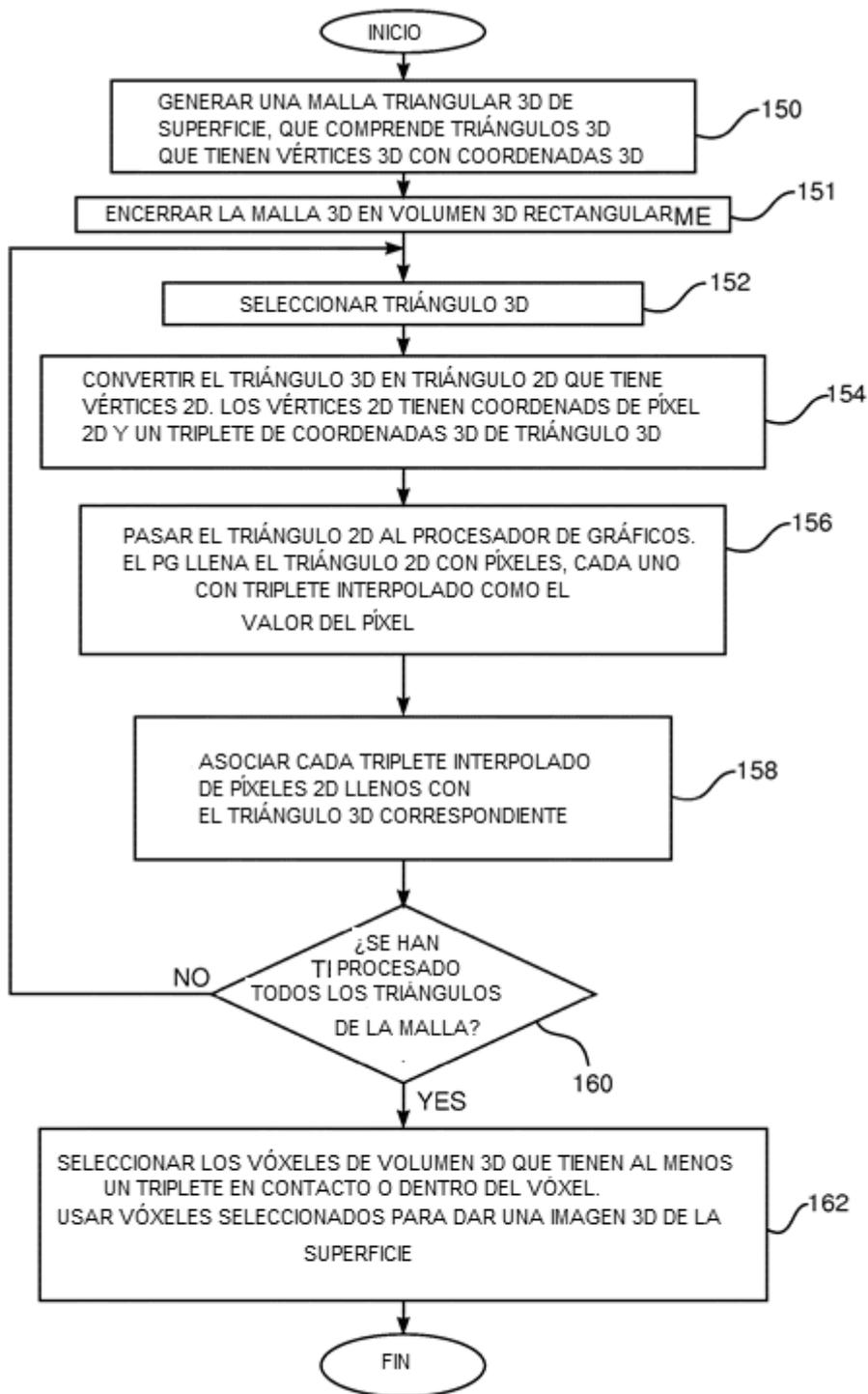


FIG. 3

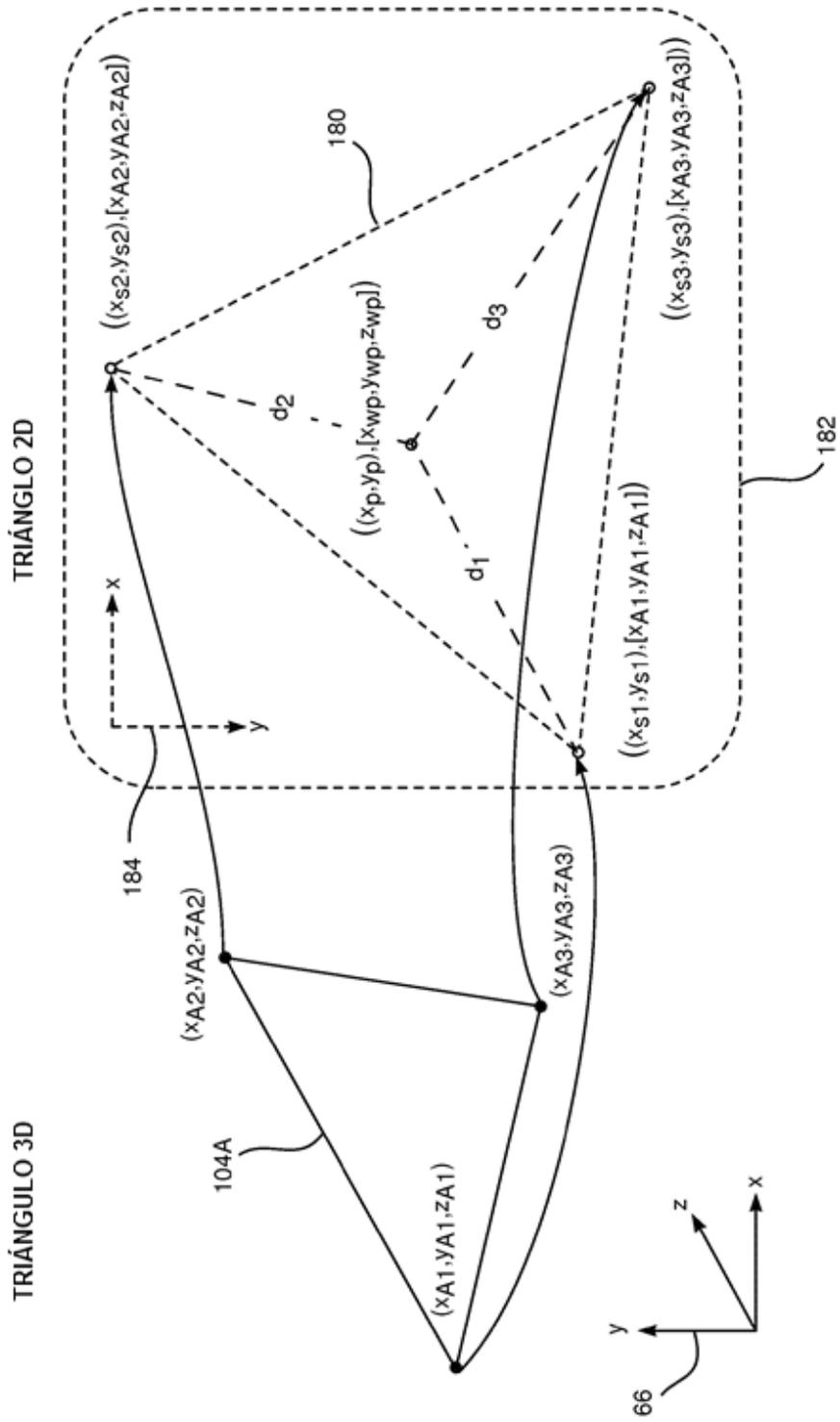


FIG. 4