

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 636**

51 Int. Cl.:

**G06T 15/00** (2011.01)

**G06T 7/30** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2014 PCT/CN2014/085304**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2016 WO16029383**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014 E 14900491 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3186783**

54 Título: **Recostura automática de superficies en 3-D**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.06.2020**

73 Titular/es:  
**CARESTREAM DENTAL TECHNOLOGY TOPCO LIMITED (100.0%)  
Cleveland House, 33 King Street  
London SW1Y 6RJ, US**

72 Inventor/es:

**GLINEC, YANNICK**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 769 636 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

Recostura automática de superficies en 3-D

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere en general a la generación de imágenes tridimensionales (3-D) y más particularmente se refiere a la visualización de una superficie en 3-D compuesta que se forma a partir de una secuencia de escaneos en 3-D y a la detección y corrección de manera automática de errores en el proceso de formación de la superficie en 3-D compuesta.

**Antecedentes de la invención**

10 Los escaneos de superficie en 3-D se usan ampliamente en un número de campos, incluyendo las aplicaciones médicas y dentales. Los escáneres de superficie en 3-D detallados de la boca de un paciente tienen un valor particular como un recurso de generación de imágenes con el fin de representar datos en 3-D en la forma de una superficie en 3-D compuesta. El proceso de coincidir o asociar las vistas en 3-D individuales a veces se denomina como costura. Como parte de la costura de vistas, cada vista en 3-D individual es coincidente con vistas de porciones adyacentes del sujeto y tiene características asociadas de traslación y rotación asignadas para el ensamblaje de la superficie en 3-D compuesta.

15 Para la generación de imágenes dentales y otros tipos de generación de imágenes en 3-D, a menudo es el caso de que se adquieren múltiples vistas de un objeto con el fin de representar el contenido de superficie en 3-D del objeto. Se capturan vistas separadas del objeto desde diferentes perspectivas a lo largo del objeto y luego se cosen juntas mediante un software de generación de imágenes con el fin de representar datos en 3-D en la forma de una superficie en 3-D compuesta. El proceso de coincidir o asociar las vistas en 3-D individuales a veces se denomina como costura. Como parte de la costura de vistas, cada vista en 3-D individual es coincidente con vistas de porciones adyacentes del sujeto y tiene características asociadas de traslación y rotación asignadas para el ensamblaje de la superficie en 3-D compuesta.

20 Para la generación de imágenes dentales, se captura una sucesión de vistas en 3-D escaneando la boca del paciente usando una cámara intraoral. Se genera el contenido de vista en 3-D, por ejemplo, usando procedimientos de luz modelada, tal como proyección en franjas, o mediante la obtención de datos de nube de puntos que corresponden a cada diente y superficie de tejido blando, tal como usando la técnica de generación de imágenes de "estructura desde el movimiento" (SFM), un procedimiento de generación de imágenes en intervalo que es familiar para las personas con experiencia en las técnicas de procesamiento de imágenes. La generación de imágenes de múltiples vistas y algunas técnicas aplicables de estructura desde el movimiento se describen, por ejemplo, en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2012/0242794 titulada "Producing 3D images from captured 2D video" por Park et al., incorporada en la presente memoria en su totalidad por referencia. También se podrían usar procedimientos alternativos para adquirir contenido de imágenes de superficie, tales como procedimientos que usan información de profundidad de datos de enfoque, triangulación de radiofrecuencia (RF), secuenciación de detección temporizada, estereovisión y otros procedimientos.

35 En el procesamiento para la costura de vistas, el sistema de generación de imágenes opera en estos datos de superficie adquiridos para cada vista escaneada sucesiva y calcula la información de alineación necesaria (incluyendo rotación y traslación) que se usa para coser juntas cada una de las vistas en 3-D adquiridas. Para diversos enfoques de costura de imágenes, se hace referencia a la Patente de los Estados Unidos No. 8.600.193 de Kalayeh; a las Patentes de los Estados Unidos No. 7.362.890 y 7.551.760 de Scharlack et al.; a la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2014/0152660 de Lee et al.; a la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2012/0320052 de Givon.

45 Un problema recurrente con los procedimientos de costura de vistas en 3-D existentes se refiere a la detección de errores para la colocación de las vistas en 3-D adquiridas en relación con las imágenes vecinas. Con el fin de detectar y responder a un error en la colocación de imagen de componente, el sistema de generación de imágenes a menudo requiere la entrada de operador o incluso la eliminación de un segmento de vista pobremente coincidente. Los procedimientos de detección y corrección de errores asistidos por operador son altamente indeseables y propensos a errores. Se necesitan algoritmos más robustos y eficientes para la detección y corrección automática de errores de coincidencia de imágenes con el fin de hacer que el aparato de generación de imágenes en 3-D sea más potente y útil para la generación de imágenes dentales y otras aplicaciones.

50 La colocación incorrecta de una vista en 3-D en el procesamiento de imágenes puede ocurrir por cualquiera de un número de razones, incluyendo limitaciones de tiempo e información incompleta. La decisión de costura inicial por el proceso de ensamblaje automatizado debe proporcionarse rápidamente con el fin de proporcionar retroalimentación visual con un mínimo de retraso, para una experiencia de visualizador adecuada. Además, solo información parcial puede estar disponible para el algoritmo de costura a medida que están siendo recopilados los datos. La colocación errónea a veces es evidente solo después de que se han calculado relaciones de colocación adicionales y se muestran los resultados. De este modo hay una necesidad de procedimientos automatizados para detectar la colocación incorrecta y errores relacionados en las vistas en 3-D adyacentes coincidentes y para corregir estos errores sin requerir la intervención de operador.

Se dirige la atención a DANIEL F. HUBER ET AL: "Fully automatic registration of multiple 3D data sets", IMAGE AND VISION COMPUTING, que muestra un procedimiento para registrar automáticamente múltiples conjuntos de datos tridimensionales (3D) rígidos, un proceso en la presente memoria denominado coincidencia de superficies de múltiples vistas. El algoritmo de coincidencia de superficie de múltiples vistas comienza convirtiendo los datos de entrada en mallas de superficie, que se registran por pares usando un motor de coincidencia de superficies. Las coincidencias resultantes se prueban para la consistencia de superficie, pero algunas coincidencias incorrectas pueden ser indistinguibles de las correctas en este nivel local. Un proceso de optimización global busca un gráfico construido a partir de las coincidencias por pares para un subgráfico conectado que contiene solo coincidencias correctas, empleando una medida de consistencia global para eliminar coincidencias incorrectas, pero localmente consistentes. A partir de este subgráfico, las transformadas de cuerpo rígido que registran todas las vistas se pueden calcular directamente.

**Sumario de la invención**

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento como se describe en la reivindicación 1. Se divulgan realizaciones adicionales entre otras en las reivindicaciones dependientes. Un objeto de la presente divulgación es avanzar en la técnica de generación de imágenes de superficie, para aplicaciones que forman y representan una superficie en 3-D compuesta combinando una sucesión de vistas en 3-D escaneadas. Un objeto de la presente divulgación es proporcionar un aparato y procedimientos para detectar y corregir automáticamente errores al combinar el contenido de imagen escaneada.

Estos objetos se dan solo a modo de ejemplo ilustrativo, y tales objetos pueden ser ejemplares de una o más realizaciones de la invención. Otros objetivos y ventajas deseables inherentemente logrados por la invención divulgada pueden ocurrir o ser evidentes para las personas con experiencia en la técnica. La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para visualizar una superficie en 3-D como se define en la reivindicación 1.

**Breve descripción de los dibujos**

Los anteriores y otros objetos, características, y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción más particular de las realizaciones de la invención, como se ilustra en los dibujos adjuntos. Los elementos de los dibujos no están necesariamente a escala en relación entre sí.

La Figura 1 es un diagrama de flujo lógico que muestra un aparato de generación de imágenes para obtener una vista en 3-D de una sucesión de imágenes en 2D de acuerdo con una realización de la solicitud.

La Figura 2A muestra una superficie en 3-D compuesta que tiene un segmento pobremente conectado de acuerdo con las realizaciones de la solicitud

La Figura 2B muestra una vista corregida de la superficie en 3-D compuesta de la Figura 2A.

La Figura 3 es un diagrama de flujo lógico que muestra un proceso para la costura y corrección de vistas en 3-D de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 4 es un diagrama de flujo lógico que muestra una secuencia para formar un gráfico de conexión de acuerdo con una secuencia de imágenes escaneadas de acuerdo con realizaciones de la solicitud.

La Figura 5 muestra un gráfico de conexión de ejemplo.

La Figura 6 es un diagrama de flujo lógico que muestra los procesos para refinar el gráfico de conexión, incluyendo la detección y corrección de errores de acuerdo con aún otra realización de la solicitud.

La Figura 7A muestra un ejemplo con pobre posicionamiento debido a una articulación en el proceso de coincidencia de vistas

La Figura 7B muestra una superficie compuesta corregida de acuerdo con realizaciones de la solicitud.

La Figura 8A muestra un segmento pobremente conectado debido a una articulación para una superficie compuesta que muestra un implante.

La Figura 8B muestra una superficie corregida para el implante de la Figura 8A con un posicionamiento apropiado de acuerdo con las realizaciones de la solicitud.

**Descripción detallada de realizaciones ejemplares**

La siguiente es una descripción detallada de procedimientos y/o realizaciones de aparatos ejemplares de la invención, haciendo referencia a los dibujos en los cuales los mismos números de referencia identifican los mismos elementos de estructura en cada una de las varias figuras.

5 En los dibujos y el texto que siguen, los elementos similares se designan con números de referencia similares, y se omiten descripciones similares con respecto a elementos y disposición o interacción de elementos ya descritos. Cuando se usan, los términos "primero", "segundo", y así sucesivamente, no denotan necesariamente ninguna relación ordinal o prioritaria, sino que simplemente se usan para distinguir más claramente un elemento de otro.

10 En el contexto de la presente divulgación, los términos "visualizador", "operador", y "usuario" se consideran equivalentes y se refieren al profesional o técnico de visualización u otra persona que ve y manipula una imagen, tal como una imagen dental, en un monitor de visualización. Se obtiene una "instrucción de operador" o "instrucción de visualizador" a partir de órdenes explícitas ingresadas por el visualizador, tal como usando un ratón de ordenador o pantalla táctil o entrada de teclado.

15 En el contexto de la presente divulgación, el término "vista en 3-D" es sinónimo de los términos "imagen tridimensional" o "escaneo en 3-D". Las vistas en 3-D muestran datos de superficie de un diente u otra estructura, obtenidos de una o más imágenes de reflectancia de la superficie. El término "imagen de reflectancia" se refiere a una imagen o a los datos de imagen correspondientes que es capturada por una cámara usando reflectancia de luz; la iluminación reflejada es, típicamente, pero no necesariamente, luz visible. Las imágenes de reflectancia se convierten en vistas en 3-D en cualquiera de un número de formas, dependiendo de cómo van a ser representados los datos de superficie, como se describe con más detalle subsecuentemente. Se pueden obtener vistas en 3-D usando cualquiera de un número de tecnologías diferentes, incluyendo dispositivos de escaneo láser, dispositivos de generación de imágenes estéreo, cámaras de profundidad de color, y otros dispositivos de generación de imágenes que adquieren información de profundidad, o datos de nube de puntos relacionados con el contenido de imagen adquirido, incluyendo dispositivos de generación de imágenes en intervalo y generación de imágenes en malla. Los dispositivos que usan luz estructurada o iluminación modelada, tales como generadores de imágenes de proyección en franjas, también pueden emplearse para obtener vistas en 3-D.

30 En el contexto de la presente divulgación, una "superficie compuesta" o "superficie en 3-D compuesta" es una superficie en 3-D que se forma coincidiendo una pluralidad de vistas en 3-D (por ejemplo, una sucesión de múltiples vistas en 3-D escaneadas). Tales vistas en 3-D también pueden considerarse vistas de "componentes" que se combinan para formar la superficie compuesta. Las vistas en 3-D escaneadas pueden tener datos de superficie en cualquiera de un número de formas, incluyendo luz modelada o "proyección en franjas", nube de puntos, u otros datos de imagen de superficie.

35 El término "conjunto", como se usa en la presente memoria, se refiere a un conjunto no vacío, ya que el concepto de una colección de elementos o miembros de un conjunto se entiende ampliamente en matemáticas elementales. El término "subconjunto", a menos que se exprese explícitamente otra cosa, se usa en la presente memoria para referirse a un subconjunto apropiado no vacío, es decir, a un subconjunto del conjunto más grande, que tiene uno o más miembros. Para un conjunto S, un subconjunto puede comprender el conjunto completo S. Un "subconjunto apropiado" de conjunto S, sin embargo, está estrictamente contenido en el conjunto S y excluye al menos un miembro de conjunto S.

Como se usa en la presente memoria, el término "energizable" se refiere a un dispositivo o conjunto de componentes que realizan una función indicada tras recibir potencia y, opcionalmente, tras recibir una señal de habilitación.

45 El término "resaltado" para una característica visualizada tiene su significado convencional como se entiende por las personas con experiencia en las técnicas de visualización de información e imagen. En general, el resaltado usa alguna forma de mejora de visualización localizada para atraer la atención del visualizador. Resaltar una porción de una imagen, tal como un órgano, hueso, o estructura individual, o una trayectoria o cavidad que se extiende de una característica a la siguiente, por ejemplo, se puede lograr en cualquiera de un número de formas, incluyendo, pero no limitadas a, anotar, mostrar un símbolo cercano o superpuesto, delinear o trazar, se visualiza en un color diferente o con una intensidad marcadamente diferente o valor de escala de grises que otra imagen o contenido de información, parpadeo o animación de una porción de una visualización, o se visualiza en mayor nitidez o contraste.

55 En el contexto de coincidencia de vista en 3-D de acuerdo con la presente divulgación, el término "desplazamiento" se refiere preferiblemente a la traslación y rotación de una vista en 3-D de un objeto en relación con otro.

Realizaciones de la presente divulgación pueden usar una técnica de generación de imágenes de múltiples vistas que obtiene información estructural en 3-D a partir de imágenes en 2-D de un sujeto, tomadas en diferentes posiciones (por ejemplo, ángulos) sobre el sujeto. El procesamiento para generación de imágenes de

múltiples vistas puede emplear la técnica de generación de imágenes de "estructura desde el movimiento" (SFM), un procedimiento de generación de imágenes en intervalo que es familiar para las personas con experiencia en las técnicas de procesamiento de imágenes. La generación de imágenes de múltiples vistas y algunas técnicas aplicables de estructura desde el movimiento se describen, por ejemplo, en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 2012/0242794 titulada "Producing 3D images from captured 2D video" por Park et al., incorporada en la presente memoria en su totalidad por referencia.

El diagrama esquemático de la Figura 1 muestra un aparato 90 de generación de imágenes para obtener una vista en 3-D de una sucesión de imágenes de reflectancia de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Una cámara 16, típicamente una cámara digital de mano, una cámara de profundidad de color, escáner 3-D de mano, o escáner 3-D intraoral, se escanea a través de la boca de un paciente 14 para adquirir un conjunto que tenga múltiples imágenes de reflectancia e información de profundidad asociada. Un procesador 80 lógico de control, en comunicación de señal con la cámara 16, obtiene datos de imagen de la cámara 16 y procesa estos datos de imagen junto con información de profundidad con el fin de generar vistas 92 en 3-D individuales. El procesador 80 lógico de control combina luego las vistas en 3-D escaneadas con el fin de generar y visualizar, en una pantalla 84, una superficie 94 en 3-D compuesta. La lógica de detección y corrección de errores en el procesador 80 lógico de control puede operar entonces para identificar vistas 92 en 3-D no coincidentes o pobremente coincidentes y generar y visualizar una superficie 94 en 3-D compuesta corregida usando procedimientos y/o realizaciones de aparatos de la solicitud. En algunas realizaciones, el procesamiento de hardware y/o lógica para ser y/o realizar la lógica de detección y corrección de errores se puede proporcionar en la cámara 16, el procesador 80 lógico de control, la pantalla 84 o en ordenadores/hardware remotos para ensamblar y ajustar la vista compuesta (por ejemplo, independiente de la intervención o entrada de operador).

A modo de ejemplo, la Figura 2A muestra una superficie 48 en 3-D compuesta visualizada que tiene un segmento pobremente conectado enlazado por una vista 44 en 3-D de articulación, se muestra en círculo. Realizaciones de la presente divulgación detectan y corrigen este tipo de error de conexión y/u otros errores de conexión para proporcionar la superficie 50 en 3-D compuesta corregida de la Figura 2B.

El diagrama de flujo lógico de la Figura 3 muestra una secuencia de procesamiento para generar y visualizar una superficie en 3-D compuesta de acuerdo con una realización de la presente divulgación. En una etapa de escaneo S100, el técnico o profesional escanea los dientes del paciente y adquiere un conjunto de imágenes que se obtienen y procesan para generar un conjunto de vistas 96 en 3-D que se pueden combinar, por ejemplo, para formar la superficie 94 en 3-D compuesta. El tipo de procesamiento necesario para generar datos de vista en 3-D a partir de imágenes escaneadas depende del tipo de generación de imágenes que se use. Para datos de nube de puntos, por ejemplo, se pueden usar procedimientos de generación de imágenes en intervalo, familiares para las personas con experiencia en las técnicas de generación de imágenes de superficie. En una etapa de formación de gráficos S200, el procesador genera los datos de vista en 3-D para las diferentes imágenes obtenidas de acuerdo con un modelo de gráfico de conexión que luego puede analizarse para las vistas 92 en 3-D de componentes pobremente conectados del conjunto de vistas 96. Luego una etapa de refinamiento S300 refina el gráfico de conexión con el fin de proporcionar una coincidencia mejorada de las vistas 92 de superficie en 3-D de componente conectado. Una etapa de visualización S400 visualiza los resultados de procesamiento que resultan del refinamiento de los datos de conexión para vistas en 3-D escaneadas.

Los procesos de costura de vistas para generar una superficie en 3-D compuesta a partir de un conjunto adquirido de vistas en 3-D escaneadas son conocidos por las personas con experiencia en las técnicas de procesamiento de imágenes. Sin embargo, los sistemas existentes que proporcionan costura de imágenes no proporcionan utilidades que detectan y corrigen automáticamente los problemas debido a una pobre coincidencia y transformadas de coincidencias contradictorias o conflictivas. En contraste con las técnicas existentes, las realizaciones de la presente divulgación emplean un enfoque innovador que permite la detección y corrección automatizadas de anomalías de coincidencia de imágenes para generar la superficie en 3-D compuesta. Realizaciones de la presente divulgación no requieren la intervención de operador, tal como instrucciones de operador para eliminar "manualmente" las vistas o eliminar o recalcular transformadas que parecen ser la fuente de un problema.

Realizaciones ejemplares de la presente invención pueden emplear un modelo gráfico y lógica asociada con el fin de proporcionar una coincidencia adecuada entre las vistas 92 en 3-D adquiridas y procesadas (Figura 1). El inventor ha encontrado que las características de la lógica de generación de gráficos se pueden usar de manera efectiva para ayudar a identificar y corregir anomalías de coincidencia de imágenes tales como la que se muestra en la Figura 2A, en la cual la lógica de coincidencia inicial funcionó pobremente y se deben tomar medidas correctivas con el fin de proporcionar una superficie en 3-D compuesta ensamblada con precisión. Debe enfatizarse que el modelo de gráfico de conexión que se usa proporciona un mecanismo ejemplar conveniente para ordenar y disponer datos sobre diferentes vistas 92 en 3-D y permite un análisis algorítmico directo de las relaciones posicionales entre las vistas. No es necesario visualizar el gráfico de conexión mismo; este modelo simplemente ayuda a describir y visualizar cómo el procesamiento de imágenes puede evaluar y redistribuir los parámetros posicionales (por ejemplo, rotación, traslación) para cada vista en 3-D con el fin de ensamblar y ajustar la vista compuesta, independiente de la intervención o entrada de operador.

El diagrama de flujo lógico de la Figura 4 muestra algunas subetapas ejemplares para la etapa de formación de gráficos S200. Se pueden repetir las etapas para cada miembro del conjunto 96 de vistas en 3-D escaneadas. En una etapa de cálculo de relaciones vecinas S210, cada vista 92 en 3-D escaneada se analiza y es coincidente con sus vistas vecinas. En el contexto de la presente divulgación, se considera que una vista vecina para una vista 92 de superficie en 3-D escaneada dada es una vista cuyo centro yace dentro de un radio predeterminado de la vista 92 dada. Sin embargo, se pueden usar otras medidas ejemplares para definir una vista vecina. El radio predeterminado puede determinarse empíricamente, en base al tamaño de vista en 3-D, que está relacionado con el Campo De Visión del escáner y puede variar entre los sistemas de generación de imágenes. La coincidencia de vistas para vistas 92 relacionadas dentro del vecindario puede usar un número de utilidades y enfoques familiares para las personas con experiencia en las técnicas de procesamiento de imágenes. En general, la coincidencia usa cualquier información disponible que asocie una vista 92 recientemente escaneada con cualquier otra vista. Esto puede incluir, por ejemplo, información obtenida de la cámara 16 (Figura 1) sobre el movimiento relativo de cámara, posición de cámara, rastreo de video, o información de pose relacionada con el objeto. Esto también puede incluir información sobre características de superficie para otras vistas 92 de superficie. El resultado de etapa S210, para cada vista 92 en 3-D, puede ser un conjunto de relaciones vecinas que se usan en el procesamiento subsiguiente para posicionar o reposicionar esa vista dentro de un gráfico de conexión. Las relaciones vecinas se pueden expresar como transformadas que giran y trasladan una vista en 3-D escaneada en relación con la vecina identificada. Estas transformadas pueden tomar fácilmente la forma de matrices convencionales para la traslación y rotación de vista, tal como las matrices 4x4 que son familiares para las personas con experiencia en las técnicas de procesamiento de vistas en 3-D. Una etapa de desplazamiento residual S220 calcula cualquier desplazamiento residual entre la posición actual de una vista y su posición esperada, en base a las relaciones vecinas.

Las vistas conectadas se obtienen del conjunto de relaciones vecinas. Los criterios de conexión pueden incluir la obtención de valores relativos para la traslación y rotación entre la posición de vista en 3-D existente y las relaciones vecinas. Se pueden emplear diversos procedimientos de decisión para determinar la conectividad de vista, tal como usando desplazamiento residual con respecto a las posiciones deseadas u óptimas. Por ejemplo, una vista V1 puede conectarse a una vista V2 en su vecindario realizando lo siguiente:

- (i) calcular la posición esperada de V1 a partir de su relación vecina con V2;
- (ii) calcular el desplazamiento residual entre la posición actual de V1 y la posición esperada;
- (iii) calcular la amplitud de traslación y amplitud de rotación del desplazamiento residual;
- (iv) considerar V1 y V2 conectados si la amplitud de traslación está por debajo de un primer umbral y la amplitud de rotación está por debajo de un segundo umbral.

El cálculo de la información de conectividad para todos los pares de vistas vecinas proporciona un conjunto de conexiones, denominado el gráfico de conexión. El gráfico de conexión que se usa para la visualización de superficie compuesta se genera en una etapa de generación de gráfico de conexión S230.

La Figura 5 muestra un gráfico 20 de conexión ejemplar para un pequeño conjunto de vistas en 3-D escaneadas. Cada vértice o nodo en el gráfico 20 de conexión representa una vista en 3-D escaneada. Cada borde (línea) representa una relación de vista conectada entre vistas en 3-D, en base a la proximidad y a los criterios de coincidencia de vista descritos previamente.

Como muestra la disposición de gráfico 20 en la Figura 5, la vista V74 se denomina una vista 44 en 3-D de articulación, que generaría dos aglomeraciones de vistas, grupo 22a y 22b, si se elimina. El grupo 22a a la izquierda en el gráfico 20 tiene vistas en 3-D de componentes V76, V77, V85, V86, y V87. El grupo 22b a la derecha en el gráfico 20 tiene vistas en 3-D de componentes V78, V79, V83, V84, V88, V89, V90, y V91. En este caso particular, la vista V74 tiene una conexión única con el grupo 22a, que puede eliminarse para generar dos aglomeraciones distintas, lo cual puede ser seguido por el reposicionamiento de vistas de grupo 22a en el grupo 22b.

El mapeo de gráfico 20 de conexión puede proporcionar información útil significativa sobre cómo está organizada la superficie en 3-D compuesta y dónde las relaciones que son relativamente pobres o poco probables pueden operar para producir anomalías de costura de vistas tal como la que se muestra en la Figura 2A. Como una regla de oro general que subyace al procesamiento de coincidencia y reocurrencia, las coincidencias pobres en general son inconsistentes entre sí. Estos tipos de relaciones se pueden representar fácilmente cuando la red de relaciones se expresa como un gráfico de conexión. Otros problemas relacionados con pobre coincidencia son fácilmente visibles usando la representación de gráfico de conexión. En la Figura 5, por ejemplo, la vista de articulación V74 tiene solo una única relación con la vista de V76 y de este modo con el equilibrio de grupo 22a. Este tipo de disposición es característica del segmento pobremente conectado, tal como el que se muestra en la Figura 2A y puede indicar que un cálculo adicional sería útil para una disposición más robusta de vistas.

Procesamiento de refinamiento

Dado un gráfico 20 de conexión inicial tal como el que se muestra en el ejemplo de la Figura 5, el diagrama de flujo lógico de la Figura 6 muestra procesos ejemplares para refinar el gráfico de conexión en la etapa de refinamiento S300 (Figura 3), incluyendo la detección y corrección de errores y reocurrencia de vistas que parecen tener conexiones débiles y que pueden estar pobremente conectadas debido a articulaciones y/u otros factores de acuerdo con las realizaciones de la solicitud. En el flujo de procedimiento que se muestra, una etapa de decisión S310 determina si hay uno o más pares no procesados de aglomeraciones que sugieren una pobre coincidencia. Si no, el procesamiento continúa a la siguiente etapa de decisión S320. Si hay aglomeraciones no procesadas, se ejecuta una etapa de corrección S312, en la cual el cálculo de procesador intenta reocurrir la aglomeración. Esto puede involucrar eliminar una o más relaciones (por ejemplo, transformaciones) y recalcular para determinar si otras relaciones mejoran el patrón de conexión. Una etapa de validación S314 determina si la reocurrencia de las aglomeraciones apareadas ha tenido éxito o no. Si no, se puede seleccionar un apareamiento alternativo y el procesamiento regresa a la etapa S310. Si la reocurrencia es exitosa, se ejecuta una etapa de recálculo S316, reajustando el gráfico de conexión de acuerdo con los resultados de procesamiento.

Continuando con el proceso de la Figura 5, la etapa de decisión 320 verifica para determinar si hay o no articulaciones no procesadas en el gráfico de conexión. Cada articulación se procesa con el fin de probar la disposición deseada u óptima de vistas, si no, el procesamiento continúa a la siguiente etapa de decisión S330. Si hay articulaciones no procesadas, se ejecuta una etapa de corrección S322, en la cual el cálculo de procesador intenta reocurrir la articulación. Esto puede involucrar eliminar la relación única débil (transformación) y recalcular para determinar si otras relaciones mejoran el patrón de conexión. Con respecto al gráfico de conexión de ejemplo de la Figura 5, la etapa de corrección S322 puede intentar reocurrir la vista de componente V74 dejando a un lado la transformada que relaciona la vista V74 con la aglomeración 22a a través de la vista V76. Esto hace que la aglomeración 22a sea una aglomeración temporalmente desconectada. Luego el proceso recalcula las coincidencias para cada una de las vistas V76, V77, V85, V86, y V87 con vistas en la aglomeración 22b.

Todavía siguiendo el proceso descrito en la Figura 6, una etapa de validación S324 determina si la reocurrencia de la articulación ha tenido éxito o no. Si no, se puede seleccionar una articulación alternativa y el procesamiento regresa a la etapa S320. Si la reocurrencia es exitosa, se ejecuta una etapa de recálculo S326, reajustando el gráfico de conexión de acuerdo con los resultados de procesamiento.

Continuando con el proceso de la Figura 6, la etapa de decisión 330 verifica para determinar si hay o no vistas no procesadas pobremente conectadas en el gráfico de conexión. Una vista pobremente conectada es una vista que tiene menos vecinas conectadas que un umbral predeterminado. Cada vista pobremente conectada se procesa con el fin de probar una disposición seleccionada u óptima de vistas. Si hay vistas no procesadas pobremente conectadas, se ejecuta una etapa de corrección S332, en la cual el cálculo de procesador intenta reocurrir la vista pobremente conectada. Esto puede involucrar eliminar relaciones débiles (por ejemplo, transformaciones) y recalcular para determinar si otras relaciones mejoran el patrón de conexión. Una etapa de validación S334 determina si la reocurrencia de la vista pobremente conectada ha tenido éxito o no. Si no, se puede seleccionar una vista alternativa pobremente conectada y el procesamiento regresa a la etapa S330. Si la reocurrencia es exitosa, se ejecuta una etapa de recálculo S336, reajustando el gráfico de conexión de acuerdo con los resultados de procesamiento.

#### Reocurrencia para refinamiento de gráfico de conexión

El proceso para la reocurrencia identifica diversas anomalías, tales como aglomeraciones desconectadas o pobremente conectadas, articulaciones, y coincidencias pobremente conectadas, luego ignora temporalmente las conexiones débiles e intenta generar un posicionamiento mejorado. Los criterios de reocurrencia para el proceso de refinamiento de gráfico de conexión pueden incluir cualquiera de los siguientes:

- (i) Número comparativo de conexiones para una o más vistas antes y después de reocurrir los cálculos. En general, se considera que una disposición con un número más alto de conexiones proporciona una mejor coincidencia.
- (ii) Número de transformaciones consistentes con la transformada de consenso calculada (por ejemplo, número de ventanas).
- (iii) Número de reintentos intentados para reocurrir una o más vistas en una aglomeración.

Algunas coincidencias pueden no existir todavía y necesitan ser calculadas como parte de este proceso.

Para mover un grupo de vistas, tal como se muestra en la aglomeración 22a de la Figura 5, se puede calcular una transformada de consenso. Esto se puede hacer considerando todas las coincidencias relativas entre las vistas en la aglomeración y la agrupación objetivo más grande. La comparación de estas coincidencias relativas se puede usar para calcular una transformada de consenso que proporciona valores de rotación y traslación promediados que se pueden aplicar a múltiples vistas. El promedio puede restringirse a un subconjunto de transformaciones, obtenidas usando el procedimiento de Consenso de Muestra Aleatoria (RANSAC) o técnicas

similares para la aglomeración robusta en un conjunto de datos ruidoso. El procesamiento de RANSAC es bien conocido por las personas con experiencia en las técnicas de generación de imágenes para estimar los parámetros de modelado usados en la formación de una superficie compuesta.

5 Las técnicas para calcular una transformada de consenso del subconjunto seleccionado incluyen la descomposición de matriz en otra representación (tal como cuaternión, escala, sesgo, traslación), interpolación entre representaciones, y recomposición para proporcionar una transformada promedio que se puede usar para proporcionar la coincidencia de candidatos.

10 En general, las articulaciones a menudo indican problemas relacionados con el posicionamiento de vista. Las Figuras 7A y 7B muestran un ejemplo en el cual una articulación produce que un segmento 98 esté pobremente posicionado. La Figura 7B muestra la corrección de una superficie 24 compuesta después de eliminar la articulación y regenerar los datos de relación para proporcionar la superficie 26 compuesta. La Figura 8A muestra el segmento 98 pobremente conectado debido a una articulación para una superficie 28 que muestra un implante 32. La Figura 8B muestra una superficie 30 corregida con el posicionamiento apropiado.

Actualización dinámica

15 Realizaciones de la presente divulgación permiten la actualización automática de una superficie en 3-D compuesta a medida que se escanean vistas en 3-D de componentes adicionales. El contenido de datos de superficie existente se puede reemplazar por datos de vistas recientemente escaneadas. Esto permite al técnico o profesional corregir problemas y regenerar imágenes de áreas donde se desea la mejora en la calidad de imagen o donde el procedimiento de escaneo previo puede haber perdido algún contenido de imagen. Cuando  
20 esto se realiza, el proceso descrito con referencia a las Figuras 3 hasta 6 para formar la superficie compuesta y corregir errores se repite tantas veces como se desee o se necesite para actualizar el contenido de imagen.

25 Realizaciones de la presente divulgación proporcionan la detección y corrección automatizadas de anomalías de costura de vistas en 3-D, tales como las mostradas en la Figura 2A. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, el proceso de costura de vistas visualiza resultados al visualizador a medida que las vistas se adquieren y mapean a la superficie en 3-D objetivo. La corrección tiene lugar sin requerir la interacción de visualizador; el observador puede ver las correcciones de costura a medida que son procesadas por el sistema de procesamiento de imágenes, como se muestra en las pantallas 84 de las Figuras 7A - 8B.

30 De acuerdo con otra realización alternativa de la presente divulgación, el operador tiene la opción de identificar uno o más segmentos pobremente conectados en la superficie en 3-D compuesta visualizada, en el que los segmentos pobremente conectados deben ser movidos. La identificación por el operador puede incluir usar un ratón u otro puntero, seleccionar segmentos de una lista, u otras alternativas. En respuesta, el sistema recalcula automáticamente los datos de relación con el fin de mover el contenido de imagen identificada.

35 De acuerdo con otra realización alternativa de la presente divulgación, el sistema identifica vistas que necesitan corrección de colocación, de acuerdo con la disposición de relaciones vecinas modeladas por el gráfico de conexión. Estas vistas se resaltan a medida que se visualizan al usuario para su selección, tal como mediante delineamiento como se muestra en la Figura 7A. Entonces el operador puede elegir aceptar un reemplazo automático de las vistas resaltadas o eliminar las vistas seleccionadas o rechazar un reemplazo automático de esas vistas. El operador puede ingresar alternativamente una instrucción que identifique una colocación pobre, tal como indicando la vista pobremente posicionada usando una pantalla táctil, por ejemplo.

40 Aunque las realizaciones de la presente divulgación describen principalmente el escaneo y generación de vistas en 3-D para generación de imágenes dentales, se puede apreciar que los procedimientos descritos en la presente memoria se pueden usar en cualquier número de aplicaciones en las cuales se combina un conjunto de vistas en 3-D con el fin de proporcionar una superficie en 3-D compuesta. La superficie puede ser opaca, semitransparente, o incluso translúcida. El preconditionamiento de la superficie para la generación de  
45 imágenes puede o puede no ser necesario, dependiendo de las características del tipo de generación de imágenes.

50 De acuerdo con una realización, la presente invención utiliza un programa de ordenador con instrucciones almacenadas que funcionan en datos de imágenes a los que se accede desde una memoria electrónica. Como puede ser apreciado por las personas con experiencia en las técnicas de procesamiento de imágenes, un programa de ordenador de una realización de la presente invención puede ser utilizado por un sistema de ordenador de propósito general, adecuado, tal como un ordenador personal o estación de trabajo. Sin embargo, se pueden usar muchos otros tipos de sistemas de ordenador para ejecutar el programa de ordenador de la presente invención, incluyendo procesadores en red. El programa de ordenador para realizar el procedimiento de la presente invención puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Este medio  
55 puede comprender, por ejemplo; medios de almacenamiento magnético tal como un disco magnético tal como un disco duro o dispositivo extraíble o cinta magnética; medios de almacenamiento óptico tales como un disco óptico, cinta óptica, o código de barras legible por máquina; dispositivos de almacenamiento electrónico de estado sólido tales como memoria de acceso aleatorio (RAM), o memoria de solo lectura (ROM); o cualquier otro

dispositivo físico o medio empleado para almacenar un programa de ordenador. El programa de ordenador para realizar el procedimiento de la presente invención también puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador que está conectado al procesador de imágenes por medio de internet u otro medio de comunicación. Las personas con experiencia en la técnica reconocerán fácilmente que el equivalente de tal producto de programa de ordenador también puede construirse en hardware.

Debe anotarse que el término "memoria", equivalente a "memoria accesible por ordenador" en el contexto de la presente divulgación, puede referirse a cualquier tipo de espacio de trabajo de almacenamiento de datos temporal o más duradero usado para almacenar y operar datos de imágenes y accesible para un sistema de ordenador. La memoria podría ser no volátil, usando, por ejemplo, un medio de almacenamiento a largo plazo tal como almacenamiento magnético u óptico. Alternativamente, la memoria podría ser de una naturaleza más volátil, usando un circuito electrónico, tal como memoria de acceso aleatorio (RAM) que se usa como una memoria intermedia temporal o espacio de trabajo por un microprocesador u otro dispositivo de procesador lógico de control. La visualización de una imagen requiere almacenamiento de memoria. Los datos de visualización, por ejemplo, típicamente se almacenan en una memoria intermedia de almacenamiento temporal que está directamente asociada con un dispositivo de visualización y se actualiza periódicamente según sea necesario con el fin de proporcionar los datos visualizados. Esta memoria intermedia de almacenamiento temporal también se puede considerar como una memoria, ya que el término se usa en la presente divulgación. La memoria también se usa como el espacio de trabajo de datos para ejecutar y almacenar resultados intermedios y finales de cálculos y otros procesamientos. La memoria accesible por ordenador puede ser volátil, no volátil, o una combinación híbrida de tipos volátiles y no volátiles.

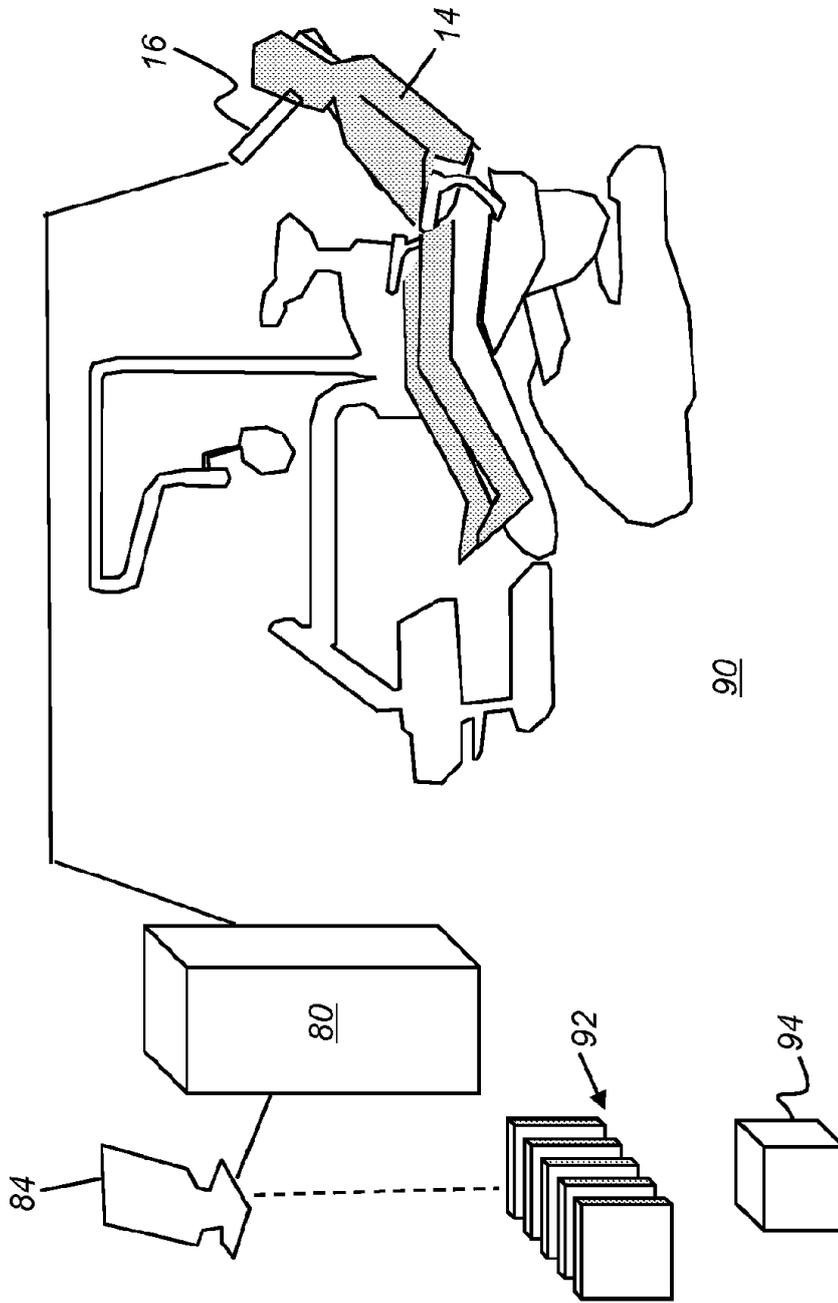
Se entenderá que el producto de programa de ordenador de la presente invención puede hacer uso de diversos algoritmos y procesos de manipulación de imágenes que son bien conocidos. Se entenderá además que la realización de producto de programa de ordenador de la presente invención puede incorporar algoritmos y procesos no mostrados o descritos específicamente en la presente memoria que son útiles para la implementación. Tales algoritmos y procesos pueden incluir utilidades convencionales que están dentro de la habilidad normal de las técnicas de procesamiento de imágenes. Aspectos adicionales de tales algoritmos y sistemas, y hardware y/o software para producir y procesar de otro modo las imágenes o cooperar con el producto de programa de ordenador de la presente invención, no se muestran o describen específicamente en la presente memoria y pueden seleccionarse de tales algoritmos, sistemas, hardware, componentes y elementos conocidos en la técnica.

En una realización, un procedimiento para visualizar una superficie en 3-D de un objeto puede ejecutarse al menos en parte en un ordenador e incluye adquirir un conjunto que comprende una pluralidad de miembros, en el que cada miembro es una vista en 3-D del objeto generado usando iluminación modelada; generar datos de relación que asocian cada miembro del conjunto de vistas en 3-D con al menos otro miembro del conjunto de acuerdo con al menos el desplazamiento entre los miembros; visualizar una superficie compuesta del objeto, formada de acuerdo con los datos de relación generados; detectar automáticamente uno o más errores de posicionamiento en la superficie compuesta visualizada de acuerdo con los datos de relación generados y regenerar al menos una porción de los datos de relación para corregir el uno o más errores de posicionamiento; y modificar la pantalla para mostrar una superficie compuesta corregida formada de acuerdo con los datos de relación regenerados.

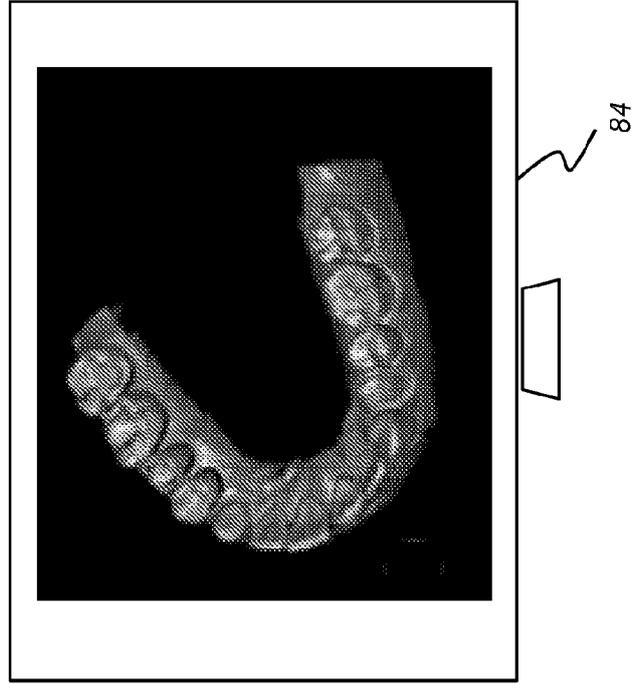
Aunque la invención se ha ilustrado con respecto a una o más implementaciones, se pueden hacer alteraciones y/o modificaciones a los ejemplos ilustrados sin apartarse del espíritu y alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, aunque una característica particular de la invención puede haberse divulgado con respecto a una de varias implementaciones, tal característica se puede combinar con una u otras más características de las otras implementaciones que pueden ser deseadas y ventajosas para cualquier función dada o particular. El término "al menos uno de" se usa para significar que se puede seleccionar uno o más de los ítems enumerados. El término "aproximadamente" indica que el valor enumerado puede modificarse de alguna manera, en tanto que la alteración no de como resultado la no conformidad del proceso o estructura de la realización ilustrada. Finalmente, "ejemplar" indica que la descripción se usa como un ejemplo, en vez de implicar que es un ideal. Otras realizaciones de la invención serán evidentes para las personas con experiencia en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva y práctica de la invención divulgada en la presente memoria. Por lo tanto las realizaciones actualmente divulgadas se consideran en todos los aspectos ilustrativas y no restrictivas. El alcance de la invención se indica por las reivindicaciones adjuntas, y todos los cambios que entran dentro del significado e intervalo de equivalentes de las mismas están previstos para ser abarcados en las mismas.

**REIVINDICACIONES**

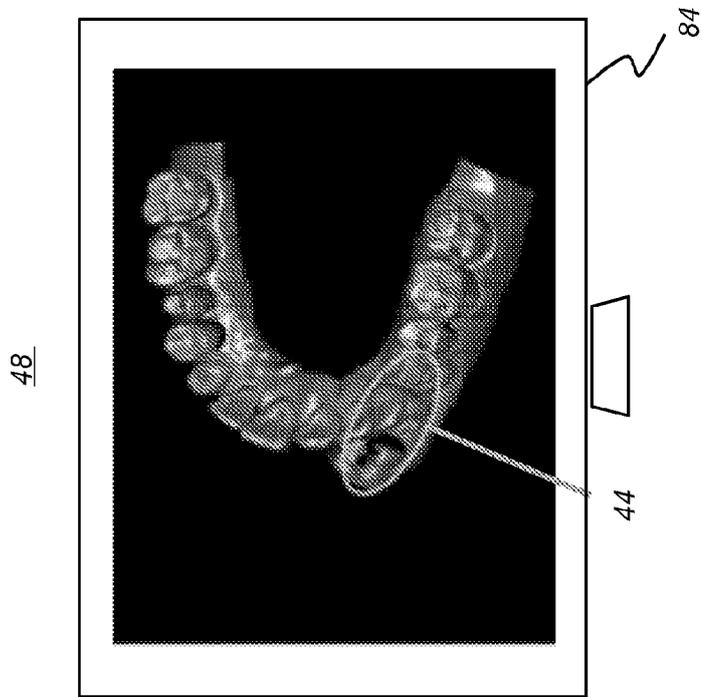
1. Un procedimiento para visualizar una superficie en 3-D de los dientes de un paciente, el procedimiento ejecutado al menos en parte en un ordenador y que comprende repetir de manera iterativa, una o más veces, las etapas de:
- 5 a) adquirir (S100) un conjunto (96) que comprende una pluralidad de miembros, en el que cada miembro es una vista (92) en 3-D de los dientes;
- b) generar (S200) datos de relación que asocian cada miembro del conjunto de vistas (96) en 3-D a al menos un otro miembro del conjunto (96) de acuerdo con al menos un desplazamiento entre los miembros;
- 10 c) visualizar una superficie (26) compuesta de los dientes, formada de acuerdo con los datos de relación generados;
- d) detectar uno o más errores de posicionamiento en la superficie (26) compuesta visualizada analizando la conectividad de un modelo de gráfico de conexión obtenido a partir de los datos de relación generados y regenerar (S300) al menos una porción de los datos de relación para corregir el uno o más errores de posicionamiento con el fin de mejorar la conectividad del gráfico (20) de conexión usando los datos de relación regenerados; y
- 15 e) modificar (S400) la pantalla (84) para mostrar una superficie (30) compuesta corregida formada de acuerdo con los datos de relación regenerados; y
- 20 f) actualizar la superficie compuesta a medida que se adquieren miembros adicionales repitiendo las etapas a) a e).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la detección del uno o más errores de posicionamiento se realiza automáticamente, en el que una o más de las vistas (92) en 3-D se generan de acuerdo con la iluminación modelada.
- 25 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la detección del uno o más errores de posicionamiento comprende además aceptar una instrucción de operador que identifica una o más vistas (92) en 3-D pobremente conectadas.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una o más de las vistas (92) en 3-D es una nube de puntos.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una o más de las vistas (92) en 3-D es una imagen en malla o una en intervalos.
- 30 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que las vistas (92) de miembros se adquieren usando una cámara (16) digital.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además resaltar la superficie visualizada para mostrar uno o más errores de posicionamiento.
- 35 8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el conjunto de vistas (96) en 3-D se adquiere usando un escáner 3-D de mano.
9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el conjunto de vistas (96) en 3-D se adquiere usando un escáner 3-D intraoral.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el desplazamiento entre los miembros comprende datos de traslación y rotación.
- 40



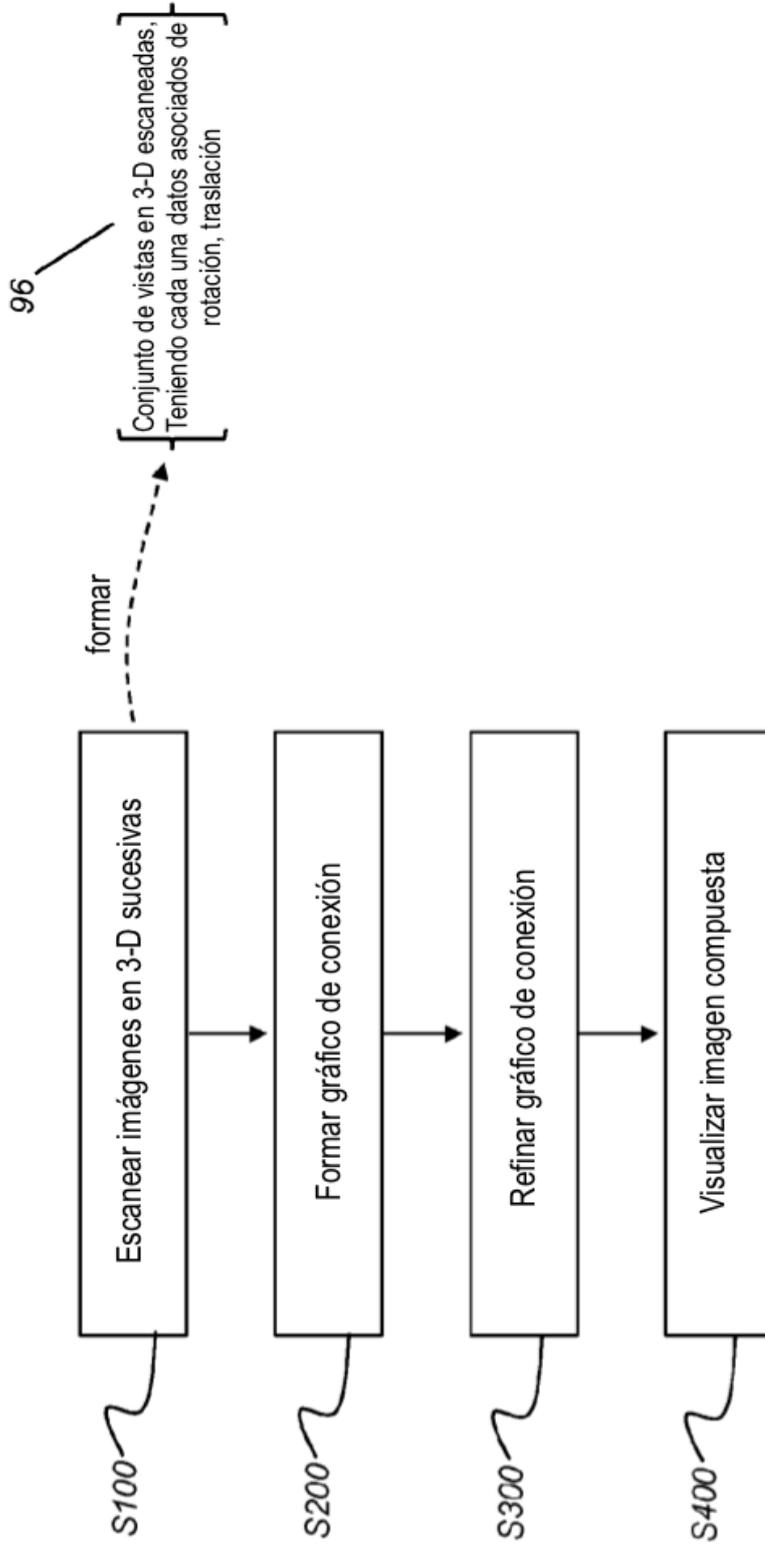
**FIG. 1**



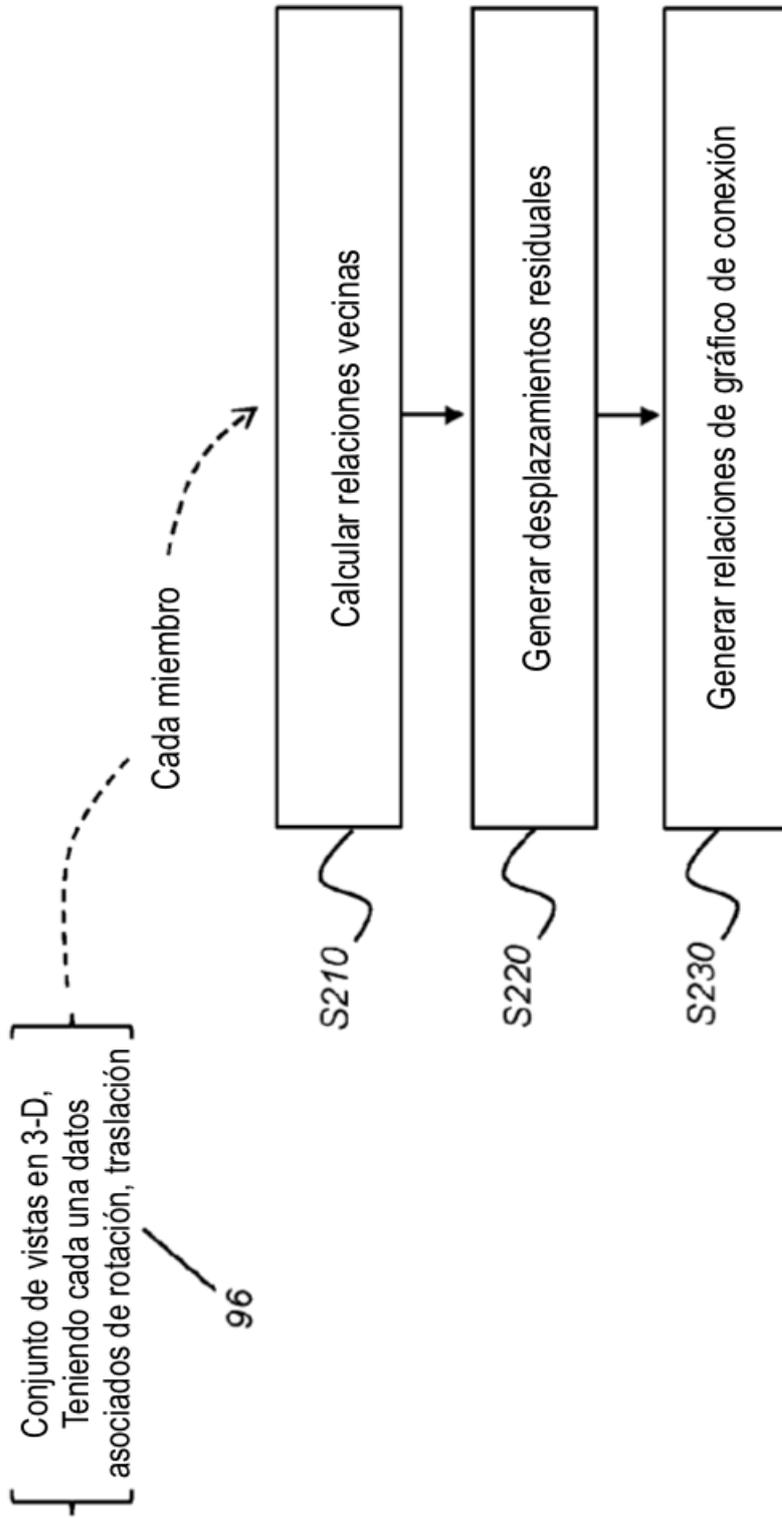
**FIG. 2A**



**FIG. 2B**

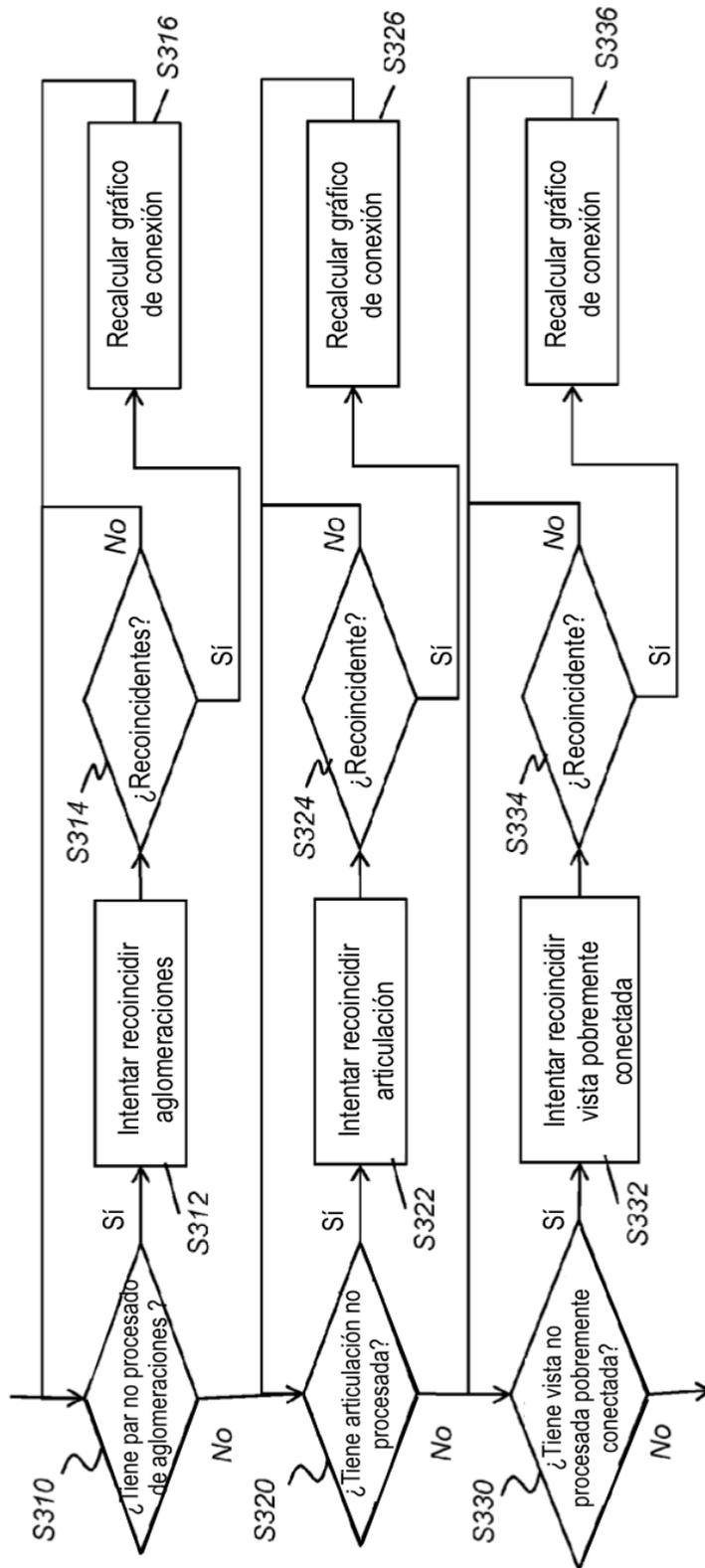


**FIG. 3**



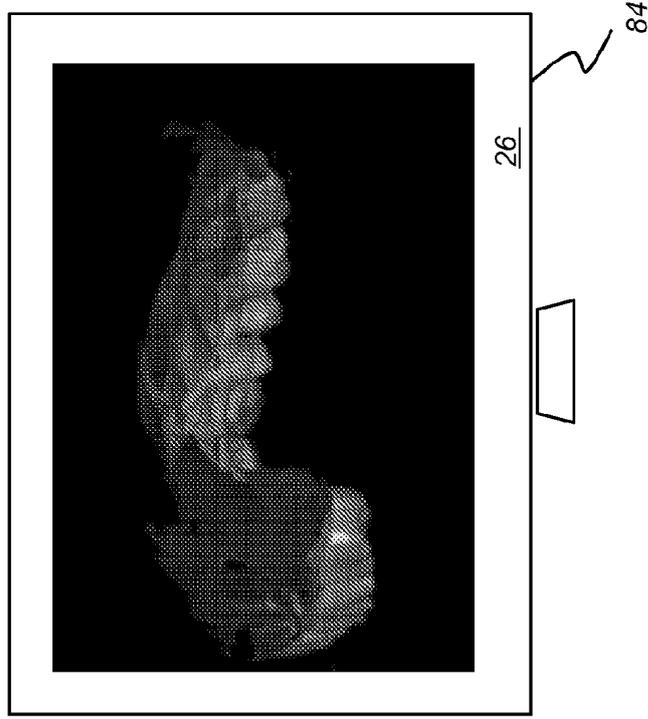
**FIG. 4**



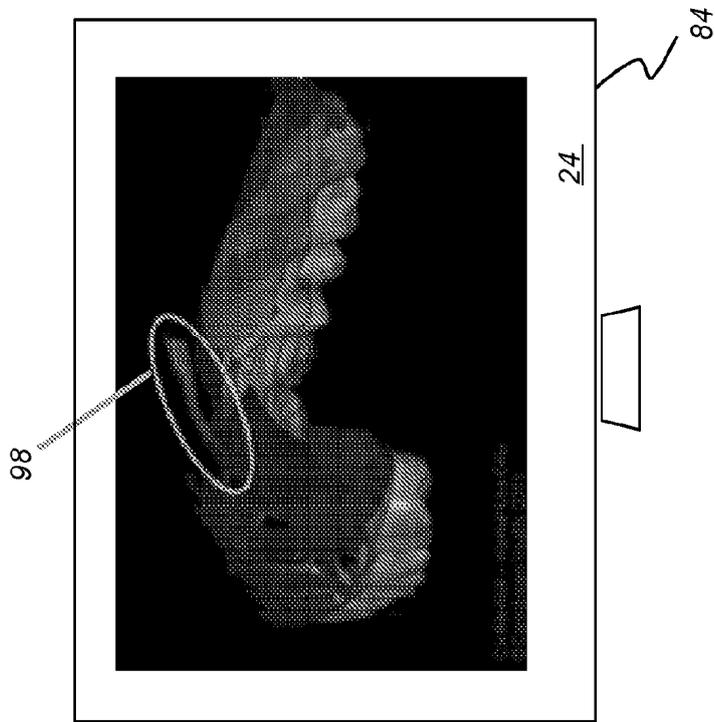


S300

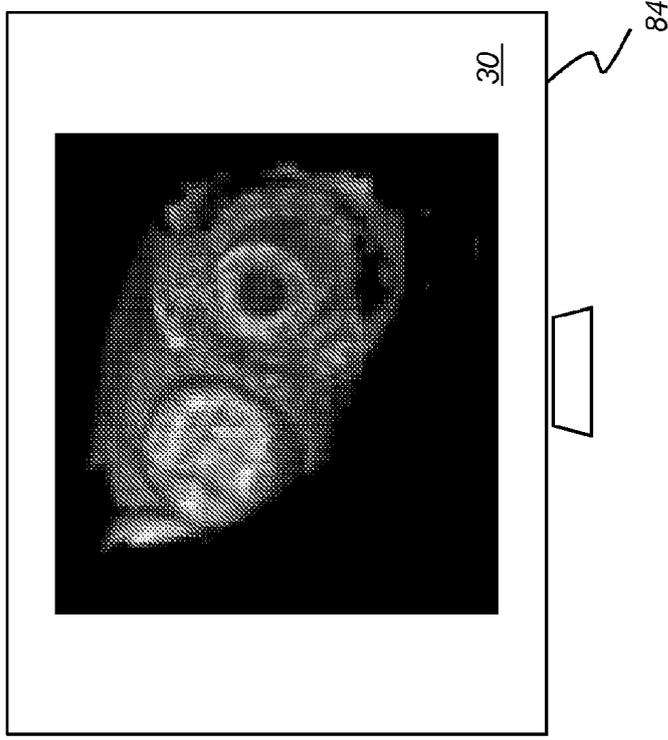
FIG. 6



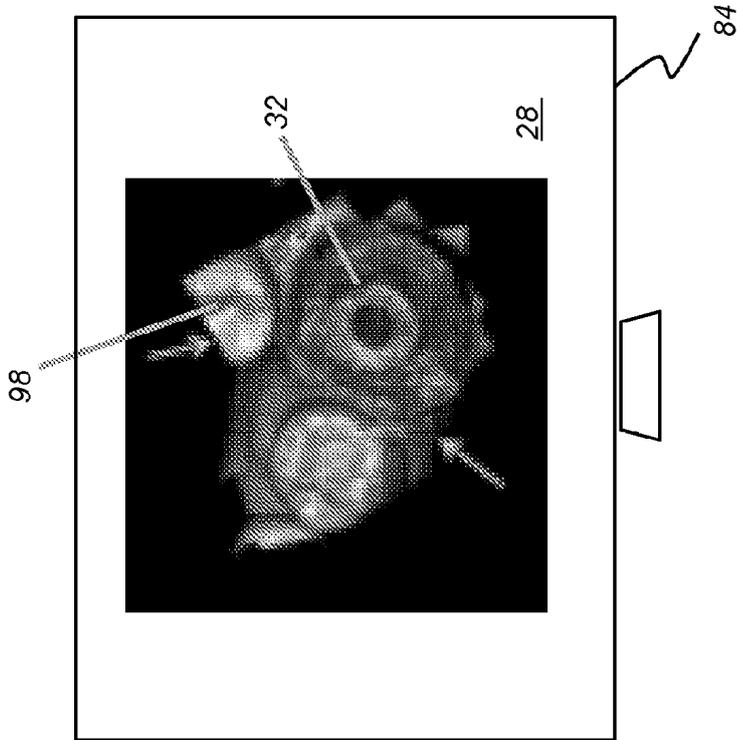
**FIG. 7B**



**FIG. 7A**



**FIG. 8B**



**FIG. 8A**