

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 740**

51 Int. Cl.:

**A61C 9/00** (2006.01)

**G06T 7/20** (2006.01)

**G06T 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2013 PCT/IB2013/002396**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO2014068383**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2013 E 13818781 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 2914202**

54 Título: **Compensación de movimiento en una exploración de tres dimensiones**

30 Prioridad:

**01.11.2012 US 201213666812**

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

**08.06.2017**

73 Titular/es:

**ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)  
2560 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, US**

72 Inventor/es:

**LEVIN, ADI**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 615 740 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**

Compensación de movimiento en una exploración de tres dimensiones

**Antecedentes**

5 La presente descripción se refiere en general al campo del tratamiento dental. Más particularmente, la presente descripción está relacionada con un medio legible por dispositivo informático y un sistema para la compensación de movimiento en una exploración tridimensional.

10 Los tratamientos dentales pueden implicar, por ejemplo, procedimientos restauradores y/o de ortodoncia. Los procedimientos de restauración pueden estar diseñados para implantar una prótesis dental (por ejemplo, una corona, puente de incrustación, superficial, Veneer, etc.) por vía intraoral en un paciente. Los procedimientos de ortodoncia pueden incluir el reposicionamiento de los dientes mal alineados y cambiar las configuraciones de la mordedura para mejorar la apariencia estética y/o la función dental. El reposicionamiento de ortodoncia se puede lograr, por ejemplo, mediante la aplicación de fuerzas controladas a uno o más dientes durante un período de tiempo.

15 Como un ejemplo, el reposicionamiento de ortodoncia puede ser proporcionado a través de un proceso dental que utiliza aparatos de colocación para la realineación de los dientes. Tales aparatos pueden utilizar una fina capa de material que tiene propiedades elásticas, que se refiere como un "alineador", que se adapta generalmente a los dientes de un paciente, pero que está ligeramente fuera de alineación con una configuración de diente actual.

20 La colocación de un aparato de este tipo sobre los dientes puede proporcionar fuerzas controladas en localizaciones específicas para mover gradualmente los dientes en una nueva configuración. La repetición de este proceso con aparatos sucesivos en configuraciones progresivas puede mover los dientes a través de una serie de disposiciones intermedias a una disposición final deseada.

Tales sistemas utilizan típicamente materiales que son de peso ligero y/o transparente para proporcionar como un conjunto de aparatos que puede ser utilizado en serie de tal manera que cuando los dientes se mueven, un nuevo aparato puede implementarse para mover aún más los dientes.

25 Un sistema de escaneado se puede usar para obtener datos digitales que representan los dientes de un paciente en su posición actual (es decir, en el momento de la exploración), que se considera aquí como un conjunto de datos digitales iniciales (IDDS) que representan una disposición inicial de los dientes. El IDDS puede obtenerse de una variedad de maneras. Esto se puede utilizar para los registros dentales o propósitos de tratamiento.

30 Por ejemplo, de los dientes del paciente pueden obtenerse imágenes de forma directa o indirecta (por ejemplo, mediante el uso de un modelo o impresión) para obtener datos digitales utilizando luz estructurada directa y/o indirecta, rayos X, rayos X tridimensionales, rayos láser, escaneado destructivo, conjuntos de imágenes topográficas o datos ayudados por dispositivo informático, imágenes de resonancia magnética, tecnología de escaneado intraoral, reconstrucción fotográfica, y/u otras técnicas de imagen. El IDDS puede incluir una disposición de los dientes de la boca completa, algunos, pero no todos los dientes en la boca, y/o puede incluir un solo diente.

35 El documento WO 2012/083968 A1 divulga un procedimiento para la compensación de desenfoque de movimiento cuando se realiza un escaneado intraoral en 3D, donde el desenfoque de movimiento se produce porque el escáner y el objeto se mueven uno respecto al otro mientras que se realiza el escaneado, y donde la compensación de desenfoque de movimiento comprende:

- 40 – determinar si existe un movimiento relativo entre el escáner y el objeto durante la adquisición de la secuencia de imágenes de plano de enfoque;
- si se determina un movimiento relativo, la realización de una compensación de movimiento basada en el movimiento determinado; y
- la generación de una superficie en 3D a partir de la secuencia de imágenes de plano de enfoque.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Las figuras 1A-1B ilustran vistas en perspectiva alternativa de un escáner intraoral de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción.

La figura 2 es un diagrama que ilustra el movimiento de un escáner con respecto a un objeto que está siendo escaneado de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción.

50 La figura 3 es un diagrama que ilustra un escáner de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la compensación de movimiento a partir de datos en 3D y 2D de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción.

55 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la compensación de movimiento a partir de datos en 3D de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción.

La figura 6 ilustra un sistema para la compensación de movimiento en una exploración en 3D de acuerdo con un

número de formas de realización de la presente descripción.

### **Descripción detallada**

5 Un modelo positivo y/o impresión negativa de los dientes del paciente o un diente pueden ser escaneados, por ejemplo, usando una placa de rayos X, escáner láser, escáner destructivo, luz estructurada, y otro sistema de adquisición de rango/o para producir el IDDS. El conjunto de datos producido por el sistema de adquisición de rango puede convertirse a otros formatos para que sean compatibles con el software que se utiliza para manipular imágenes dentro del conjunto de datos, tal como se describe en el presente documento.

10 Si el escaneado de la dentición de un paciente directamente, o el escaneado de un modelo o impresión de la dentición del paciente, puede ser deseable para apoyar el escaneado, mientras que el escáner se mueve con respecto a los dientes. Este apoyo puede ser beneficioso tanto para el escaneado de vídeo (por ejemplo, una secuencia continua de imágenes) y el escaneado de apuntar y disparar (por ejemplo, una serie de imágenes discretas).

15 Con el análisis de apuntar y disparar, un usuario puede activar la exploración. Después de que se active la exploración, una exploración rápida puede ser beneficiosa para reducir la distorsión en la exploración que puede ser causada por el movimiento del escáner que de otro modo podría ocurrir durante una exploración lenta (por ejemplo, durante un tiempo entre el inicio y la finalización de la exploración). Puede ser razonable suponer que los movimientos asociados con el escaneado de apuntar y disparar son relativamente pequeños (por ejemplo, en comparación con los movimientos durante el escaneado de vídeo) debido a que el usuario está tratando de mantener la estabilidad del escáner (por ejemplo, en lugar de moverse durante el escaneado de vídeo).

20 Una exploración lenta puede dar lugar a grandes movimientos del escáner con respecto al objeto durante la exploración, lo que puede resultar en movimiento en los resultados de la exploración (por ejemplo, el desenfoque de movimiento). Tal como se usa en este documento, una exploración lenta no indica una larga exposición durante una exploración. Por el contrario, una exploración lenta puede indicar que se utiliza un período de tiempo relativamente largo para tomar varias imágenes individuales en el curso de una sola exploración en 3D. Por lo tanto, puede tomar un tiempo relativamente largo (por ejemplo, 250 a 400 milisegundos (ms)) para capturar una exploración en 3D. Cada imagen de por sí puede o no puede sufrir el desenfoque de movimiento. Sin embargo, el efecto de movimiento en el curso de las exploraciones que comprende la exploración en 3D puede ser que la posición relativa entre las imágenes en bruto es desconocida, lo que provoca la distorsión geométrica (por ejemplo, debido a la interpretación de las imágenes en bruto, que puede asumir una determinada posición relativa entre las imágenes). Sin embargo, una exploración más rápida (por ejemplo, 50 ms) puede ser más difícil de lograr (por ejemplo, puede requerir un hardware más caro y/o avanzado y/o puede requerir más y/o funcionalidades de cálculo más rápidas en comparación con una exploración más lenta). A menos que se indique lo contrario, el término exploración, tal como se usa en este documento, puede referirse a una o ambas de escaneado de vídeo y de apuntar y disparar.

35 Con el escaneado continuo, un escáner puede tomar automáticamente un número determinado de exploraciones durante un período de tiempo particular (por ejemplo, x-número de exploraciones por segundo). Puede ser razonable suponer una velocidad de escáner de aproximadamente cinco milímetros (mm) por segundo (seg). Sin embargo, incluso con una exploración rápida de 50 ms, esto puede aún incluir una deriva de escáner de 250 micras en algunas implementaciones. Por lo tanto, la compensación de movimiento puede ser beneficiosa incluso para el escaneado de vídeo con exploraciones rápidas.

40 Como se usa en este documento, la detección de movimiento se refiere a una determinación de si un escáner se movió de manera significativa con respecto al objeto. Las exploraciones con el movimiento detectado se rechazan. Tal como se usa en el presente documento, se refiere a la compensación de movimiento para la corrección de las distorsiones en una exploración causada por el movimiento del escáner. Un ejemplo de compensación de movimiento incluye una estimación de una trayectoria espacial del escáner (por ejemplo, cómo el escáner se mueve en el espacio) como una función del tiempo de la duración de cada exploración individual (por ejemplo, como una función del tiempo para cada exploración). Dicha información se utiliza para compensar las distorsiones en una exploración. El resultado de una exploración en 3D es una nube de puntos que representa el objeto escaneado (por ejemplo, la dentición del paciente). La compensación de movimiento se aplica a la nube de puntos para corregir las distorsiones resultantes de la exploración.

50 Algunas de las dificultades que puedan surgir con compensación de movimiento incluyen movimiento complejo (por ejemplo, el escáner puede moverse con seis grados de libertad y/o con una velocidad inestable). Esto puede ser especialmente cierto para los escáneres portátiles que pueden ponerse en contacto con los dientes del paciente, donde la fricción y/o colisiones pueden causar una aceleración repentina. Otras dificultades incluyen las mandíbulas del paciente en movimiento durante una exploración. Algunas realizaciones de la presente descripción incluyen el uso de dispositivos de seguimiento de la posición en el escáner (por ejemplo, un acelerómetro y/o un giroscopio, entre otros dispositivos inerciales, dispositivos inalámbricos, u otros dispositivos) para ayudar a los movimientos de medida del escáner, pero tales dispositivos no pueden explicar el movimiento de las mandíbulas del paciente. Otra dificultad puede incluir el movimiento de los tejidos blandos (por ejemplo, lengua, labios, mejilla) del paciente, lo que puede confundir a algunos procedimientos ópticos para el cálculo de movimiento del escáner respecto a los dientes.

La presente invención proporciona medios legibles por dispositivos informáticos, y sistemas para la compensación de movimiento en una exploración tridimensional. La compensación de movimiento incluye la recepción de exploraciones tridimensionales (3D) de una dentición, la estimación de una trayectoria de movimiento a partir de una exploración a otra, y el cálculo de una exploración corregida mediante la compensación de la trayectoria de movimiento. La estimación de la trayectoria de movimiento incluye el registro de una exploración a otra exploración y determinar si una cantidad de movimiento entre las exploraciones se encuentra dentro de un umbral de registro. También puede incluir uno o más de: un flujo óptico basado en el movimiento local entre imágenes consecutivas de dos dimensiones (2D) tomadas durante la exploración, el cálculo y la mejora de una trayectoria de movimiento de un punto en la exploración utilizando el flujo óptico; y la estimación de la cantidad de movimiento de un escáner en 3D durante la exploración como la transformación del cuerpo rígido basado en las aportaciones de un dispositivo de seguimiento de posición.

En algunas realizaciones, la compensación de movimiento puede incluir la recepción de los primeros datos de una exploración en 3D de una dentición tomada con un escáner en 3D en un primer marco de referencia y recibir segundos datos de imágenes bidimensionales (2D) de la dentición tomado durante la exploración en 3D de la dentición con un generador de imágenes en 2D en un segundo marco de referencia que se fija con respecto al primer marco de referencia, en donde cada una de las imágenes en 2D se asocia con un tiempo respectivo en la exploración en 3D. La compensación de movimiento puede incluir la determinación de un flujo óptico basado en el movimiento local entre imágenes consecutivas de las imágenes en 2D, la estimación de una trayectoria movimiento de un punto en la exploración en 3D, y la mejora de la trayectoria del movimiento estimado utilizando el flujo óptico para estimar una corrección del movimiento estimado trayectoria. El movimiento puede ser compensado durante la exploración en 3D utilizando la trayectoria movimiento estimado mejorado.

El sistema de compensación de movimiento incluye un módulo de análisis que incluye un escáner en 3D intraoral. Se puede incluir además al menos un dispositivo de seguimiento de posición acoplado al escáner en 3D. El sistema incluye un módulo de procesamiento acoplado al módulo de análisis para estimar una cantidad de movimiento del escáner en 3D durante una exploración en 3D como una transformación de un cuerpo rígido basado en la entrada desde el dispositivo de seguimiento de al menos una posición y compensando la cantidad de movimiento mediante la aplicación de una inversa de la transformación del cuerpo rígido a una pluralidad de puntos que comprenden la exploración en 3D.

En la descripción detallada de la presente descripción, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma, y en la que se muestra a modo de ilustración cómo pueden ponerse en práctica una o más realizaciones de la divulgación. Estas realizaciones se describen con suficiente detalle para permitir a los expertos en la materia poner en práctica las realizaciones. Como se usa en el presente documento, la letra "N", particularmente con respecto a los números de referencia en los dibujos, indica que un número de la característica particular así designada puede ser incluido. En la presente memoria, "una cantidad de una cosa en particular" puede referirse a una o más de tales cosas (por ejemplo, un número de dientes puede hacer referencia a uno o más dientes).

Las figuras en este documento siguen una convención de numeración en el que el primer dígito o dígitos corresponden al número de la figura de dibujo y los dígitos restantes identifican un elemento o componente en el dibujo. Los elementos similares o componentes entre diferentes figuras pueden identificarse mediante el uso de dígitos similares. Por ejemplo, 104 pueden referenciar elemento '04' en la figura 1, y un elemento similar puede ser referenciado como 204 en la figura 2. Además, como se apreciará, la proporción y la escala relativa de los elementos previstos en las figuras están destinados a ilustrar ciertas realizaciones de la presente invención, y no deben tomarse en un sentido limitativo.

Las figuras 1A-1B ilustran vistas en perspectiva alternativa de un escáner intraoral de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción. Se muestra la relación espacial del escáner 106 con respecto a la dentición 104 en la cavidad intraoral. Una pluralidad de imágenes que muestran la relación en cualquier otro punto de vista deseado. El (punto de vista) se puede proporcionar en una pantalla.

Las imágenes presentadas en una pantalla a un usuario pueden ser materiales compuestos de modelos virtuales de la dentición 104 creado con la ayuda del escáner 106 y almacenado en la memoria (véase, por ejemplo, la figura 6). Estos modelos virtuales pueden ser manipulados por el usuario y/o el dispositivo informático para proporcionar la relación espacial correcta, en el espacio virtual y se pueden visualizar como imágenes en 2D o en 3D.

Opcionalmente, la posición del escáner 106 y la dirección del eje de exploración (por ejemplo, eje Z) se pueden visualizar con respecto a la dentición 104. El eje de escaneado (por ejemplo, el eje z) se puede definir como ortogonal a la cara de escaneado 108 del escáner 106, pero pueden ser definidas de acuerdo con otros parámetros geométricos u otros adecuados del escáner 106. Las imágenes de la dentición 104 se pueden visualizar como teniendo los atributos en 3D y morfologías dentales realistas y/o de cada superficie dental se puede representar, por ejemplo, por una forma geométrica (por ejemplo, cuñas simples que representan incisivos, conos que representan los caninos, y cilindros que representan molares).

El modelo virtual puede ser modificado por encargo para mostrar una preparación virtual en cada sitio dental

correspondiente en el que se encuentra una preparación real. Los dientes virtuales pueden ser retirados del modelo en el que no hay ninguno que se encuentran en la cavidad intraoral real (por ejemplo, donde los dientes reales se han eliminado con posterioridad a la obtención del IDDS). Estas características pueden facilitar aún más la identificación de las posiciones y orientaciones del escáner 106 con respecto a la dentición 104.

5 La figura 2 es un diagrama que ilustra el movimiento de un escáner 206 con relación a un objeto que está siendo escaneado de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción. El resultado de la exploración (por ejemplo, después de un procesamiento de los datos escaneados) es una colección de puntos (x, y, z, t), donde t es un tiempo de enfoque y x, y, y z son las coordenadas en 3D con respecto al sistema del escáner 206 de coordenadas en el tiempo t. Los datos que de otro modo podrían ser capturados por un escáner 206 se puede perder debido a la deriva de movimiento del escáner 206 durante la exploración. Por ejemplo, las paredes por encima de un cierto ángulo pueden ser invisibles para el escáner 206 y/o las zonas cerca de las paredes verticales pueden ser invisible.

15 Suponiendo una velocidad lateral constante (v) del escáner 206 y suponiendo una velocidad constante de exploración,  $\tan \alpha = \frac{\Delta z}{v \Delta t}$ , donde  $\alpha$  es el ángulo de deriva (por ejemplo, en grados),  $\Delta z$  es la distancia entre el escáner 206 y el objeto (por ejemplo, en mm), v es la velocidad del escáner 206 (por ejemplo, en mm/seg), y  $\Delta t$  es la duración de la exploración (por ejemplo, en ms). La siguiente tabla incluye algunos ángulos de deriva ejemplo para  $\Delta z = 15$  mm.

TABLA 1

| $\Delta t$ (ms) | $\alpha$ (grados) |                 |
|-----------------|-------------------|-----------------|
|                 | v = 5,0 mm/seg    | V = 10,0 mm/seg |
| 50              | 89                | 88              |
| 100             | 88                | 86              |
| 150             | 87                | 84              |
| 200             | 86                | 82              |
| 250             | 85                | 80              |

20 Los datos que faltan (por ejemplo, debido al ángulo de deriva descrito anteriormente) pueden ser definidos como

$\Delta x = \frac{\Delta h}{\tan \alpha} = v \frac{\Delta h \Delta t}{\Delta z}$ , donde  $\Delta x$  es la anchura de la parte que falta (por ejemplo, en micrones) y  $\Delta h$  es la altura de la parte que falta (por ejemplo, en mm). La siguiente tabla incluye algunos ejemplos de cantidades de datos faltantes para  $\Delta z = 15$ mm y  $\Delta h = 10$  mm.

TABLA 2

| $\Delta t$ (mseg) | $\Delta x$ (micras) |                 |
|-------------------|---------------------|-----------------|
|                   | v = 5,0 mm/seg      | V = 10,0 mm/seg |
| 50                | 166                 | 333             |
| 100               | 333                 | 666             |
| 150               | 500                 | 1000            |
| 200               | 666                 | 1333            |
| 250               | 833                 | 1666            |

25 Debido a las imperfecciones en técnica de escaneado y suponiendo la geometría general de los rayos, el análisis no puede tener propiedades telecéntricas (por ejemplo, teniendo rayos que entran en el escáner 206 paralelo al eje z), la superficie focal no es necesariamente un plano (por ejemplo, una superficie plana puede aparecer curvada y/o un objeto no plano representado en la imagen como una superficie focal no puede ser representada en un plano como podría de otra manera), y la exploración puede incluir patrones de escaneado arbitrarios (por ejemplo, el eje z puede

no ser coherente con respecto al objeto durante la exploración, es decir, el escáner 206 puede no ser consistente apuntando directamente al objeto durante la exploración). Esto puede resultar en una imagen distorsionada que parece inclinarse y/o curvarse donde no debe, entre otras distorsiones. Por ejemplo, un rectángulo podría aparecer como un paralelogramo, tal vez con lados curvos.

5 De acuerdo con diversas realizaciones de la presente descripción, la estimación de movimiento puede incluir cualquier, o cualquier combinación de aproximación basada en los resultados de registro, procesamiento de imágenes con el flujo óptico, el uso de la posición de seguimiento de dispositivos con el escáner 206, señalización diferencial entre el escáner 206 y una pluralidad de transmisores inalámbricos, y/o el uso de cualquier otra técnica de seguimiento de estimación de movimiento/posición. El uso de resultados de registro puede medir el movimiento  
10 relativo de los dientes, es relativamente fácil de calcular, y generalmente no es confundido por los tejidos blandos, pero puede tener imprecisiones debidas a la asunción de una trayectoria de movimiento simplificada y puede tener un rendimiento limitado basa en una velocidad de exploración. El uso de procesamiento de imágenes con el flujo óptico puede medir el movimiento en relación con los dientes y puede tener relativamente alta precisión, pero puede ser computacionalmente intensivo y puede ser confundido por los tejidos blandos. El uso de dispositivos de  
15 seguimiento de posición es relativamente fácil de calcular, pero puede ser confundido por la gravedad y puede ser indiferente a los movimientos del paciente.

La figura 3 es un diagrama que ilustra un escáner 306 de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción. Por ejemplo, el escáner 306 puede ser un escáner intraoral de mano. El escáner 306 puede  
20 incluir un escáner en 3D 312. A modo de ejemplo, el escáner en 3D 312 puede determinar una estructura 3D por el enfoque confocal de una serie de haces de luz, como será apreciado por los expertos normales en la materia. El escáner 306 puede incluir solamente un escáner en 3D 312, o un escáner en 3D 312 en combinación con uno o más de un generador 314 de imágenes en 2D y un número de dispositivos 320-1,..., 320-N de seguimiento de la posición. Los dispositivos 320-1,..., 320- de seguimiento de posición N pueden incluir, por ejemplo, un acelerómetro (por  
25 ejemplo, para medir la aceleración del escáner 306) y un giroscopio (por ejemplo, para medir la velocidad angular del escáner 306), entre otros. Aunque no se ilustra específicamente, el escáner 306 incluye o está acoplado a un dispositivo informático (por ejemplo, que incluye un procesador y la memoria como se ilustra en la figura 6).

El generador 314 de imágenes en 2D puede ser análogo al de una cámara digital. El generador 314 de imágenes en 2D puede configurarse para capturar imágenes discretas de forma continua del objeto mientras el escáner en 3D 312 está escaneando el objeto. El generador 314 de imágenes en 2D puede ser fijo con respecto al escáner en 3D  
30 312 de tal manera que cualquier movimiento del escáner 306 igualmente afecta al generador 314 de imágenes en 2D y el escáner en 3D 312 (por ejemplo, el marco de referencia del generador 314 de imágenes en 2D puede ser fijo con respecto a un marco de referencia del escáner en 3D). Además, el generador 314 de imágenes en 2D puede ser no concéntrico con respecto al escáner en 3D 312 (por ejemplo, para mejorar la sensibilidad al movimiento a lo largo del eje z).

35 Como se ilustra en la figura 3, la posición de un punto focal de un único haz 318 de luz desde el escáner en 3D 312 no es vertical, porque el escáner 306 se mueve durante la exploración. El escáner 306 puede moverse a lo largo de una trayectoria 322 de manera que el escáner 306, durante un tiempo de captura de la exploración en 3D (por ejemplo,  $\Delta t$ ) el plano focal puede moverse una distancia particular (por ejemplo,  $\Delta z$ ). El resultado de la exploración en 3D (por ejemplo, después de algún procesamiento de los datos escaneados) puede ser una colección 316 de  
40 puntos.

En algunos casos, la reconstrucción de la trayectoria 322 puede ser limitada a una trayectoria de velocidad constante.

En algunas realizaciones, el movimiento del escáner en 3D 312 puede ser seguido basándose solo en las aportaciones de los dispositivos 320-1,..., N-320 de seguimiento de la posición y la entrada desde el generador 314  
45 de imágenes en 2D (por ejemplo, sin necesidad de utilizar la entrada desde el escáner en 3D 312). Tal seguimiento de movimiento se puede basar en la suposición de que la mandíbula del paciente no cambia su orientación. Los dispositivos 320-1,..., 320-N de localización de posición pueden proporcionar información que indique un cambio en la orientación del escáner en 3D 312 (por ejemplo, en tres grados de libertad). El análisis de imágenes en 2D puede proporcionar información que indica un cambio de orientación en los otros tres grados de libertad.

50 En diversas realizaciones, una velocidad del escáner en 3D 312 puede estimarse basándose en las aportaciones de los dispositivos 320-1,..., 320-N de seguimiento de la posición. La velocidad estimada se puede restablecer a cero en respuesta a la entrada del generador 314 de imágenes en 2D que indica que el escáner en 3D 312 no se está moviendo. Por ejemplo, la velocidad estimada puede ser puesta a cero en seis grados de libertad en respuesta a la entrada del generador 314 de imágenes en 2D que comprende una pluralidad de imágenes en 2D que indican que el  
55 escáner en 3D 312 no se está moviendo. Tales realizaciones pueden ser beneficiosas en la prevención de grandes desviaciones de error. Si el usuario mantiene el escáner 306 estable de vez en cuando, las imágenes en 2D se pueden usar para determinar cuando el escáner 306 se mantiene en la posición estable.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la compensación de movimiento a partir de datos 3D y 2D de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción. Una exploración 424

5 puede ser iniciada. Una primera entrada a un algoritmo de procesamiento de imagen puede ser los datos de una exploración en 3D 428 (por ejemplo, un mapa de altura que es el resultado de algún procesamiento inicial de los datos recogidos por el escáner en 3D) de una dentición tomada con el escáner en 3D en un primer marco de referencia. En algunas realizaciones, los datos en 3D pueden ser el resultado de una exploración confocal en la dirección z.

10 Una segunda entrada al algoritmo de procesamiento de imágenes puede ser una pluralidad de imágenes en 2D 426 de la dentición (por ejemplo, una secuencia de vídeo) tomadas durante la exploración en 3D de la dentición con un generador de imágenes en 2D (por ejemplo, una cámara secundaria) en un segundo marco de referencia que se fija con respecto al primer marco de referencia. En algunas realizaciones, el generador de imágenes en 2D puede tener una alta profundidad de campo, que puede ayudar a proporcionar calidad idéntica o casi idéntica de estimación de movimiento a lo largo de toda la profundidad de la exploración. En algunas realizaciones, el segundo marco de referencia puede ser no telecéntrico para mejorar la sensibilidad al movimiento a lo largo del eje z. Cada una de las imágenes en 2D se pueden asociar con un tiempo respectivo en la exploración en 3D (por ejemplo, cada una de las imágenes en 2D se pueden capturar y marcar temporalmente en la duración de la exploración en 3D).

15 En algunas realizaciones, una heurística puede usarse para determinar qué puntos en la exploración en 3D son visibles en una particular de la pluralidad de imágenes en 2D (por ejemplo, antes de la determinación de un flujo óptico). Si un punto en 3D está oculto en un momento determinado, a continuación, comprobar el flujo óptico a lo largo de su trayectoria podría conducir a resultados inexactos. En consecuencia, los puntos en 3D que están ocultos y/o que salen del campo de visión de cada imagen en 2D se pueden filtrar a partir del análisis.

20 El resultado del escaneado en 3D 430 (por ejemplo, después de un procesamiento de los datos escaneados) puede ser una colección de puntos  $(x, y, z, t)$ , donde  $t$  es un tiempo de enfoque y  $x, y, z$  son las coordenadas en 3D con respecto al sistema de coordenadas del escáner en 3D en el tiempo  $t$ . Una imagen en 2D puede incluir un número de píxeles con coordenadas  $(i, j, t)$ , donde  $i$  y  $j$  son las coordenadas del píxel en un sensor de la impresora de imágenes en 2D y  $t$  corresponde a un tiempo en la exploración en 3D en que se tomaba la imagen en 2D. Las coordenadas  $x, y, z$  se pueden calcular a partir de  $(i, j, t)$ , donde  $i$  y  $j$  son índices de un píxel en un sensor del escáner. En algunas realizaciones, el mapeo de  $(i, j, t)$  a  $(x, y, z)$  puede ser un mapa constante de 3D a 3D que tome en consideración las constantes distorsiones geométricas, pero dando por supuesto que el escáner no se mueve. Un punto  $(x, y, z)$  en el sistema de coordenadas del escáner en 3D se puede asignar a las coordenadas del píxel  $(i, j)$  de la impresora de imágenes en 2D. El tiempo  $(t)$  no es necesariamente proporcional a  $z$  como en los sistemas confocales. Por ejemplo, una exploración se puede hacer moviendo el eje  $x$  lentamente y luego  $t$  sería proporcional a  $x$ . Sin embargo, en algunas formas de realización que utilizan formación de imágenes confocal,  $t$  puede ser proporcional a  $z$ .

35 Un flujo óptico puede ser determinado basándose en el movimiento local entre imágenes en 2D consecutivas. El flujo óptico es una observación del movimiento local en cada área de la imagen, entre dos imágenes consecutivas en la secuencia. El flujo óptico se puede determinar mediante el cálculo del movimiento local entre las dos imágenes consecutivas en base a un cambio en la posición de un punto en las dos imágenes consecutivas y en base a un cambio en el tiempo entre las dos imágenes consecutivas. En algunas realizaciones el movimiento local se puede calcular como un vector de movimiento en 2D sobre la base de un cambio en la posición del punto.

40 Por ejemplo, dadas dos imágenes en momentos consecutivos,  $I(t)$  y  $I(t + dt)$ ,  $dx$  y  $dy$  pueden ser encontradas tal que  $I(i, j, t) = I(i + dx, j + dy, t + dt)$ . Donde  $v_x$  y  $v_y$  son componentes de una velocidad 2D y donde  $dx = dt * v_x$ ,  $dy = dt * v_y$ , a continuación,  $I(i, j, t) = I(i + dt * v_x, j + dt * v_y, t + dt)$ . Los componentes  $v_x$  y  $v_y$  pueden depender de  $i, j, t$  y porque el vector de movimiento en 2D puede variar a través de la imagen y variar en el tiempo. El uso de un desarrollo de Taylor:  $I(i + dt * v_x, j + dt * v_y, t + dt) = I(i, j, t) + dt * v_x * dI/dx + dt * v_y * dI/dy + dt * dI/dt = I(x, y, t)$ . Por lo tanto, la ecuación de flujo óptico puede ser  $O(v_x, v_y, i, j, t) = v * dI/dx + v_y * dI/dy + dI/dt = 0$ .

45 Se estima una trayectoria 432 de movimiento de un punto en la exploración en 3D. Por ejemplo, el algoritmo puede encontrar una trayectoria de movimiento que mejor explica el flujo óptico de la secuencia de vídeo dados los datos 3D. La estimación de la trayectoria de movimiento puede incluir el uso de una transformación del cuerpo rígido del punto depende de la hora en el escaneado en 3D. Por ejemplo, la transformación del cuerpo rígido puede ser definida de tal manera que la aplicación de la transformación del cuerpo rígido para el punto asigna el punto de un sistema de coordenadas en un momento de referencia en el escaneado en 3D a un sistema de coordenadas a la vez grabado (por ejemplo, el tiempo  $t$ ) del punto en el escaneado en 3D. Los ejemplos no limitantes de tiempo de referencia pueden incluir el tiempo 0 (por ejemplo, un tiempo inicial de la exploración), un tiempo de finalización de la exploración, y un tiempo medio de la exploración, entre otros momentos durante la exploración. El sistema de coordenadas del escáner se mueve a lo largo de una trayectoria  $T(t)$ , donde  $T(t)$  es una transformación del cuerpo rígido que los mapas  $(x, y, z)$  en un tiempo registrado en la exploración (por ejemplo, el tiempo  $t$ ) a  $(x, y, z)$  en un tiempo de referencia en el análisis (por ejemplo, el tiempo 0, un tiempo inicial). Es decir, un punto  $(x, y, z)$  en el sistema de coordenadas del escáner en el tiempo  $t$  se puede representar como el punto  $T(t) * (x, y, z)$  en el sistema de coordenadas del escáner en el tiempo  $t = 0$ . Un punto  $(x_1, y_1, z_1, t_1)$  se puede correlacionar con el sistema de coordenadas en el tiempo  $t_0$  aplicando la inversa  $(T(t_0)) * T(t_1)$ . Un objetivo de la estimación de movimiento puede ser a la aproximación de  $T(t)$ . La compensación 434 de movimiento se puede realizar mediante la aplicación de  $T(t)$  a los puntos  $(x, y, z, t)$ .

La estimación de la trayectoria de movimiento puede incluir, según una estimación inicial, la estimación de un vector de velocidad global (por ejemplo,  $(v_x, v_y)$ ) para cada imagen consecutiva del generador de imágenes en 2D  $I(t)$ ,  $I(t + dt)$  basado solo en el flujo óptico (por ejemplo, sin tener en cuenta los datos de exploración) y mapear el vector de velocidad global a una trayectoria de movimiento lateral (por ejemplo,  $T(t)$ ), donde la trayectoria de movimiento lateral es la trayectoria de movimiento estimada. En algunas realizaciones, un dispositivo de seguimiento de posición (por ejemplo, un acelerómetro) se puede utilizar como una fuente de entrada adicional para proporcionar la información para mejorar la estimación inicial. En algunas realizaciones, se puede suponer la iluminación pasiva y/o uniforme para la impresora de imágenes en 2D y/o que el generador de imágenes en 2D puede ser calibrado con respecto a las coordenadas del mapa de altura.

La trayectoria de movimiento estimado se puede mejorar mediante el flujo óptico para estimar una corrección de la trayectoria del movimiento estimado. Para cada punto  $(x_1, y_1, z_1, t_1)$  en los datos de exploración, la trayectoria de movimiento se puede utilizar para encontrar su posición en el sistema de coordenadas del escáner en los tiempos  $t$ ,  $(x(t), y(t), z(t), t)$ . Por ejemplo, se puede definir una función objetivo que evalúa la exactitud de una trayectoria de movimiento dada de acuerdo con el flujo óptico en la secuencia de vídeo. Los datos en 3D se pueden utilizar para los puntos de mapeo para trayectorias en 2D en la secuencia de vídeo. En algunas realizaciones, como una estimación inicial, un supuesto se puede hacer que no hay movimiento o puede ser utilizada una trayectoria de movimiento simple.

En algunas realizaciones, la estimación de la corrección de la trayectoria del movimiento estimado puede incluir el mapeo del punto de un sistema de coordenadas del escaneado en 3D a un sistema de coordenadas de la exploración en 2D a resultar en una trayectoria en 2D para el punto. La trayectoria en 2D resultante (por ejemplo,  $(i(t), j(t), t)$ ) se puede diferenciar para determinar un número de elementos de velocidad (por ejemplo,  $v_x(t), v_y(t)$ ) del punto. La trayectoria en 2D y el número de elementos de velocidad se pueden aplicar al flujo óptico (por ejemplo,  $O(v_x(t), v_y(t), i(t), j(t), t) = 0$  para todo  $t$ ). La trayectoria de movimiento estimado se puede mejorar minimizando una función objetivo que penaliza trayectorias inexactas (por ejemplo, en cada punto en el escaneado en 3D) basada en el flujo óptico con la trayectoria en 2D aplicada y el número de elementos de velocidad. Una suma de los cuadrados de flujo óptico con la trayectoria en 2D aplicada y el número de elementos de la velocidad se puede calcular entre un tiempo de referencia en el escaneado en 3D y un tiempo de grabado del punto de exploración en 3D (por ejemplo,  $O(v_x(t), v_y(t), i(t), j(t), t)$  a través de todos los puntos  $(x_1, y_1, z_1, t_1)$  y todos los tiempos  $t$ ). La suma de los cuadrados de flujo óptico con la trayectoria en 2D aplicada y el número de elementos de velocidad puede reducirse al mínimo para mejorar la trayectoria del movimiento estimado (por ejemplo, suma minimizada  $O(v_x(t), v_y(t), i(t), j(t), t)^2$ ) a través de todos los puntos  $(x_1, y_1, z_1, T_1)$  y todos los tiempos  $t$ ).

En algunas formas de realización, la trayectoria en 2D puede ser regularizado para penalizar trayectorias inexactas tales como los patrones inesperados de movimiento, saltos repentinos, y/o discontinuidades y para estabilizar el procedimiento numérico. La trayectoria en 2D puede ser regularizada para limitar el número de elementos de velocidad dentro de un rango particular de velocidades. Tal rango puede basarse en un conocimiento a priori acerca de la trayectoria de movimiento que la limita a un rango razonable, penaliza "saltos" súbitos entre la transformación consecutiva  $T(t)$  y  $T(t + dt)$ , y/o aumenta la estabilidad del procedimiento numérico. Por ejemplo, la regularización puede ser: minimizar la regularización de duración  $(T(j)) + \text{sum}(O(v_x(t), v_y(t), i(t), j(t), t)^2)$  en todos los puntos  $(x_1, y_1, z_1, t_1)$  en los datos de exploración en todo  $t$ .

La trayectoria de movimiento estimado mejorado se usa para compensar el movimiento durante la exploración en 3D. Por ejemplo, compensando el movimiento durante la exploración en 3D puede incluir la aplicación de una inversa de la transformación del cuerpo rígido para el punto en el escaneado en 3D para mapear el punto desde el tiempo registrado del punto en la exploración en 3D para el tiempo de referencia (por ejemplo, tiempo 0, un tiempo inicial) en la exploración en 3D (por ejemplo, el tiempo  $t$ ). Es decir, dado  $T(t)$ , los datos de exploración en 3D se pueden corregir mediante la aplicación de  $T(t)$  para cada punto  $(x, y, z, t)$  para llevar cada punto  $(x, y, z, t)$  a partir del sistema de coordenadas del escáner en el tiempo  $t$  al sistema de coordenadas del escáner en el tiempo 0.

En varias realizaciones, la funcionalidad de compensación de movimiento se puede probar usando solo el generador de imágenes en 2D (por ejemplo, donde el escáner en 3D es no funcional). Un objeto de prueba especial se puede preparar para el escaneado con marcas fiduciales visibles y digitalizar con las marcas. El generador de imágenes en 2D se puede calibrar para encontrar la relación entre las coordenadas  $(x, y, z)$  y las coordenadas de imagen  $(i, j)$  en algún sistema de coordenadas. Una secuencia de imágenes es capturada mientras la cámara se mueve manualmente sobre el objeto. La trayectoria de movimiento se calcula a partir de la secuencia por, para cada imagen de la secuencia, la detección de las marcas en la imagen y calculando la posición de la cámara con respecto al objeto en base a la calibración de la cámara. Desde la trayectoria de movimiento, un mapa de altura se puede calcular, partiendo de un patrón particular de escaneado en la dirección  $z$ . De esto, el mapa de altura y la secuencia de imágenes pueden ser alimentadas en el algoritmo anteriormente descrito y los resultados pueden ser probados en contra de la trayectoria de movimiento calculada.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la compensación de movimiento a partir de datos en 3D de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción. Varios ciclos consecutivos en 3D se pueden utilizar para la compensación de movimiento. Una secuencia de exploraciones en 3D 536 se puede tomar (por ejemplo, a una velocidad de al menos diez exploraciones en 3D por segundo). Por ejemplo,

las exploraciones en 3D pueden ser exploraciones intraorales en 3D de la dentición de un paciente. Las exploraciones en 3D se pueden guardar 538 y las exploraciones 540 distorsionadas (por ejemplo,  $S(n)$ ) se pueden registrar 542 a una exploración previa (por ejemplo, una exploración inmediatamente previa  $S(n-1)$ ) y/o a una exploración posterior (por ejemplo, una exploración  $S$  inmediatamente subsiguiente  $(n+1)$ ). Una exploración distorsionada se registra a una pluralidad de exploraciones en 3D previas y/o a una pluralidad de exploraciones en 3D posteriores. En algunas realizaciones, puede haber varias exploraciones distorsionadas (por ejemplo, cada exploración). Así, el término "exploración distorsionada" con respecto a la descripción de la utilización de los resultados de registro se limita a identificar una exploración particular que se puede utilizar junto con una exploración previa y una exploración posterior para la compensación de movimiento. En diversas realizaciones, una exploración posterior o previa puede no estar distorsionada, lo cual puede mejorar la corrección de la exploración distorsionada mediante su registro a una exploración que no está distorsionada.

En algunas formas de realización, el registro puede incluir la alineación de la exploración previa con respecto a la exploración distorsionada y/o la alineación de la exploración posterior con respecto a la exploración distorsionada y la determinación de una porción de solapamiento de la exploración previa con respecto a la exploración distorsionada y/o la determinación de una porción de solapamiento de la exploración posterior con respecto a la exploración distorsionada sobre la base de la alineación respectiva. La precisión del solapamiento determina en base a la comparación entre las superficies puede ser dependiente de la forma del objeto que se va a escanear. Por ejemplo, un aumento del número de  $z$  alturas que son comunes tanto a una primera y una segunda exploración puede mejorar la estimación de movimiento que se calcula al menos en parte en base de la comparación de las superficies de exploración.

La alineación de dos exploraciones diferentes puede incluir el uso de una transformación del cuerpo rígido (por ejemplo,  $R(n-1:n)$ ) en la exploración previa (por ejemplo,  $S(n-1)$ ) para alinearla con la exploración distorsionada (por ejemplo,  $S(n)$ ) y/o una transformación del cuerpo rígido (por ejemplo,  $R(n+1:n)$ ) en la exploración posterior (por ejemplo,  $S(n+1)$ ) para alinearla con la exploración distorsionada (por ejemplo,  $S(n)$ ). La transformación del cuerpo rígido es una transformación de seis grados de libertad. Una cantidad de movimiento se determina entre la exploración previa y la exploración distorsionada y/o entre la exploración distorsionada y la exploración posterior basada en la porción de solapamiento respectiva y/o sobre la base de la porción de no solapamiento respectiva.

Una determinación 544 se hace en cuanto a si una cantidad de movimiento entre la exploración previa, la exploración distorsionada, y la exploración posterior (por ejemplo, sobre la base de la porción de solapamiento respectiva y/o sobre la base de la porción de no solapamiento respectiva) está dentro de un registro límite. Si la cantidad de movimiento no está dentro del umbral (por ejemplo, si el escáner se movía demasiado durante la exploración), entonces la exploración distorsionada es rechazada 546. Si la cantidad de movimiento se encuentra dentro del umbral de registro, a continuación, una primera trayectoria de movimiento 548 se estima a partir de la exploración previa a la exploración posterior basada en el registro (por ejemplo,  $T(n-1:n+1)$  a partir de  $S(n-1)$  a  $S(n+1)$ ). El registro se utiliza para proporcionar el conocimiento de las posiciones relativas durante las exploraciones previa, distorsionada, y posterior.

Los resultados de registro pueden significar instantáneas de la trayectoria  $T(t..i)$  en un número finito de veces ( $t..i$ ) y la trayectoria de movimiento puede ser calculada a partir de esas instantáneas mediante un procedimiento de interpolación. El número de puntos ( $t..i$ ) y la interpolación puede variar. En algunas realizaciones, la primera trayectoria de movimiento puede ser una instantánea de una trayectoria general de movimiento a través de una pluralidad de exploraciones en 3D. La trayectoria general de movimiento se puede calcular sobre la base de una pluralidad de instantáneas cada una asociada con una respectiva registrada de la pluralidad de exploraciones en 3D.

Una segunda trayectoria 550 de movimiento se calcula durante un tiempo de exploración de la exploración distorsionada. La segunda trayectoria de movimiento puede ser un segmento de la primera trayectoria de movimiento (por ejemplo,  $T(n-1:n+1)$ ) durante  $S(n)$ . La segunda trayectoria de movimiento se puede estimar en respuesta a la cantidad de movimiento que está dentro del umbral de registro.

En algunas formas de realización, el registro puede incluir la asociación de un primer punto sobre un eje de tiempo en un medio de un tiempo de exploración de una exploración previa con una transformación del cuerpo rígido de la exploración previa que se alinea la exploración previa con la exploración distorsionada. Un segundo punto sobre el eje de tiempo en un medio de un tiempo de exploración de la exploración subsiguiente se puede asociar con una transformación del cuerpo rígido de la exploración posterior que alinea la exploración posterior con la exploración distorsionada. La estimación de la primera trayectoria de movimiento puede incluir interpolación entre la primera transformación del cuerpo rígido y la segunda transformación del cuerpo rígido. La estimación de la segunda trayectoria de movimiento puede incluir el recorte de la primera trayectoria de movimiento para incluir solo la trayectoria de movimiento durante el tiempo de exploración de la exploración distorsionada.

Una exploración corregida 552 (por ejemplo,  $S^*(n)$ ) se calcula para la exploración distorsionada mediante la compensación de la trayectoria de movimiento durante el tiempo de exploración de la exploración distorsionada. La exploración se corrige en respuesta a la cantidad de movimiento que está dentro del umbral de registro. Por lo tanto, en algunas realizaciones, utilizando el registro, la compensación de movimiento se puede realizar sin el uso de datos adicionales para la estimación de movimiento (por ejemplo, los dispositivos de seguimiento de la posición y/o un

generador de imágenes en 2D). Sin embargo, tales datos adicionales pueden ser incluidos para mejorar aún más la compensación de movimiento como se describe en el presente documento. En diversas realizaciones, el registro de la exploración distorsionada, la estimación de la primera trayectoria de movimiento, la estimación de la segunda trayectoria de movimiento, y el cálculo de la exploración corregida pueden ser iterativamente repetidas para mejorar una precisión de la exploración corregida. La repetición iterativa puede mejorar la precisión de los análisis. Después de corregir la distorsión, el registro en sí mismo puede ser más preciso, lo que puede mejorar la siguiente corrección iterativa. La repetición iterativa puede continuar hasta que los resultados convergen, por ejemplo.

La figura 6 ilustra un sistema para la compensación de movimiento en un escáner en 3D de acuerdo con un número de formas de realización de la presente descripción. El sistema ilustrado en la figura 6 puede incluir un dispositivo 680 informático que tiene un número de componentes acoplados al mismo. El dispositivo 680 informático puede incluir un módulo 681 de procesamiento (por ejemplo, uno o más procesadores) y una memoria 682. La memoria 682 puede incluir diversos tipos de información incluyendo los datos 683 e instrucciones ejecutables 684 como se discute en el presente documento. La memoria 682 puede ser un medio legible por ordenador no transitorio tangible que tiene instrucciones 684 que pueden ser ejecutadas por el módulo 681 de procesamiento para hacer que el dispositivo 680 informático para realizar varias funciones como se describe en el presente documento.

La memoria 682 y/o el módulo 681 de procesamiento pueden estar situados en el dispositivo 680 informático o fuera del dispositivo en algunas realizaciones. Como tal, como se ilustra en la realización de la figura 6, un sistema puede incluir una interfaz 685 de red. Tal interfaz puede permitir el procesamiento en otro dispositivo informático en red o dichos dispositivos se pueden utilizar para obtener información sobre el paciente o instrucciones ejecutables para su uso con diversas formas de realización proporcionadas en este documento.

Como se ilustra en la realización de la figura 6, un sistema puede incluir una o más interfaces 686 de entrada y/o de salida. Tales interfaces pueden ser utilizadas para conectar el dispositivo 680 informático con uno o más dispositivos de entrada o salida.

Por ejemplo, en la realización ilustrada en la figura 6, el sistema incluye la conectividad a un módulo 606 de análisis (por ejemplo, un escáner intraoral que incluye uno o más de un escáner en 3D, un generador de imágenes en 2D, y/o un número de dispositivos de localización de posición como se describe en el presente documento), una plataforma 688 de cámara, un dispositivo 689 de entrada (por ejemplo, un teclado, un ratón, etc.), un dispositivo 690 de visualización (por ejemplo, un monitor), y una impresora 691. La interfaz 686 de entrada/salida puede recibir datos, almacenables en el dispositivo de almacenamiento de datos (por ejemplo, la memoria 682), en la representación de datos en 3D y/o en 2D, entre otros datos, correspondiente a la dentición del paciente. Aunque el módulo 606 de análisis se ilustra como un componente separado del dispositivo 680 informático, en algunas realizaciones, el módulo 606 de análisis (por ejemplo, el escáner intraoral) puede incluir los componentes y/o funcionalidades descritas en este documento con respecto al dispositivo 680 informático (por ejemplo, el módulo 606 de análisis puede realizar la detección de movimiento y/o de compensación de movimiento).

En algunas realizaciones, el módulo 606 de análisis puede ser configurado para escanear un molde físico de la mandíbula superior de un paciente y un molde físico de la mandíbula inferior de un paciente. En una o más realizaciones, el módulo 606 de análisis puede ser configurado para escanear las mandíbulas superiores y/o inferiores del paciente directamente (por ejemplo, por vía intraoral).

La plataforma 688 de la cámara puede recibir una entrada procedente de un dispositivo de imágenes (por ejemplo, un dispositivo de formación de imágenes en 2D), tal como una cámara digital o un escáner de fotografía impresa separada de cualquier dispositivo de imágenes en 2D en el módulo 606 de análisis. La entrada desde el dispositivo de formación de imágenes se puede almacenar en el dispositivo 682 de almacenamiento de datos.

El módulo 681 de procesamiento puede configurarse para proporcionar una indicación visual de un modelo dental virtual en la pantalla 690 (por ejemplo, en una interfaz gráfica de usuario se ejecuta en el módulo 681 de procesamiento y es visible en la pantalla 690). El módulo 681 de procesamiento se puede configurar más (por ejemplo, a través de instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en un medio legible por ordenador no transitorio tangible) para realizar los diversos procedimientos, algoritmos, y/o la funcionalidad descrita en este documento. El módulo 681 de procesamiento, en asociación con el dispositivo 682 de almacenamiento de datos, puede estar asociada con datos y/o módulos 692 de aplicación. El módulo 681 de procesamiento, en asociación con el dispositivo 682 de almacenamiento de datos, puede almacenar y/o utilizar los datos y/o ejecutar las instrucciones para proporcionar un número de módulos de aplicación para la compensación de movimiento en un escáner en 3D.

Tal conectividad puede permitir la entrada y/o salida de información o instrucciones del modelo dental virtual (por ejemplo, la entrada a través del teclado) entre otros tipos de información. Aunque algunas formas de realización pueden ser distribuidas entre varios dispositivos informáticos dentro de una o más redes, tales sistemas como se ilustra en la figura 6 pueden ser beneficiosos en lo al permitir la captura, el cálculo, y/o el análisis de la información discutida en este documento.

Un sistema para la compensación de movimiento incluye un módulo 606 de análisis y un módulo 681 de procesamiento. El módulo 606 de análisis incluye un escáner intraoral en 3D y, en algunas realizaciones, al menos

un dispositivo de seguimiento de posición acoplado al escáner en 3D. Los dispositivos de seguimiento de posición pueden incluir uno o más de un acelerómetro (por ejemplo, para medir la aceleración del escáner en 3D), un giroscopio (por ejemplo, para medir la velocidad angular del escáner en 3D), entre otros. Otros dispositivos de localización de posición pueden incluir el uso de la triangulación, trilateración, o multilateración para determinar la posición, por ejemplo, a través de Wi-Fi, Bluetooth, u otros sistemas inalámbricos.

El módulo 681 de procesamiento (por ejemplo, a través de módulo 692 de aplicación) recibe una pluralidad de exploraciones en 3D de una dentición y calcula una trayectoria de movimiento de una en particular de la pluralidad de exploraciones para una exploración posterior. La estimación puede incluir una o más de registrar la exploración particular a al menos una de una exploración previa y la exploración posterior, la determinación de si una cantidad de movimiento entre la exploración previa, la exploración en particular, y la exploración posterior está dentro de un umbral de registro, y la estimación de la trayectoria de movimiento basada en el registro, utilizando los datos de una pluralidad de imágenes en dos dimensiones (2D) de la dentición tomadas durante la exploración particular de la dentición, la determinación de un flujo óptico basado en el movimiento local entre imágenes consecutivas de la pluralidad de imágenes en 2D, la estimación de una trayectoria de movimiento de un punto en la exploración en particular, la mejora de la trayectoria del movimiento estimado utilizando el flujo óptico para estimar una corrección de la trayectoria del movimiento estimado, y la estimación 654 de una cantidad de movimiento del escáner en 3D durante una exploración en 3D como una transformación del cuerpo rígido basado en las aportaciones del por lo menos un dispositivo de seguimiento de posición. El módulo 681 de procesamiento (por ejemplo, a través del módulo 692 de aplicación) calcula una exploración corregida mediante la compensación de la trayectoria de movimiento de acuerdo con cualquiera de las técnicas descritas en el presente documento.

El módulo 681 de procesamiento calcula la trayectoria del movimiento y calcula la exploración corregida en respuesta a la cantidad de movimiento que está dentro del umbral de registro, y rechaza la exploración particular en respuesta a la cantidad de movimiento que está fuera del umbral de registro. El módulo 681 de procesamiento registra la exploración particular a una pluralidad de exploraciones previas y a una pluralidad de exploraciones posteriores.

El módulo 681 de procesamiento puede alinear la exploración previa con respecto a la exploración en particular, determinar una porción de solapamiento de la exploración previa con respecto a la exploración particular basada en la alineación, y determinar una cantidad de movimiento entre la exploración previa y la exploración particular basada en la porción de solapamiento y/o una porción de no solapamiento de registro de la exploración particular a la al menos una de la exploración previa y la exploración posterior. La trayectoria de movimiento puede ser una instantánea de una trayectoria general de movimiento a través de la pluralidad de exploraciones, y donde las instrucciones pueden ser ejecutadas por el procesador para calcular la trayectoria general de movimiento basado en una pluralidad de instantáneas cada una asociada con una registrada respectiva de la pluralidad de exploraciones.

El dispositivo de seguimiento de al menos una posición puede estar acoplado al escáner en 3D y el módulo 681 de procesamiento puede configurarse para compensar 656 para la cantidad estimada de movimiento mediante la aplicación de una inversa de la transformación del cuerpo rígido a una pluralidad de puntos que comprenden la exploración particular. Un generador de imágenes en 2D puede ser acoplado al escáner en 3D y el módulo 681 de procesamiento puede estimar una velocidad de escáner en 3D basado en la entrada desde el al menos un dispositivo de seguimiento de la posición y para restablecer la velocidad estimada a cero en respuesta a la entrada del generador de imágenes en 2D lo que indica que el escáner en 3D no se está moviendo. El módulo 681 de procesamiento puede restablecer la velocidad estimada a cero en seis grados de libertad en respuesta a la entrada del generador de imágenes en 2D que comprende la pluralidad de imágenes en 2D que indican que el escáner en 3D no se está moviendo.

El escáner en 3D puede estar en un primer marco de referencia y el módulo 606 de análisis puede incluir un generador de imágenes en 2D en un segundo marco de referencia que se fija con respecto al primer marco de referencia. El módulo 681 de procesamiento puede recibir los datos de la pluralidad de imágenes en 2D de la dentición tomada, con el generador de imágenes en 2D, durante una exploración particular de la dentición, donde cada una de la pluralidad de imágenes en 2D se asocia con un tiempo respectivo en la exploración particular. El módulo 681 de procesamiento puede compensar el movimiento durante el análisis utilizando la trayectoria del movimiento estimada mejorada.

El módulo 681 de procesamiento puede calcular el movimiento local entre dos imágenes consecutivas en base a un cambio en la posición de un punto en las dos imágenes consecutivas y en base a un cambio en el tiempo entre las dos imágenes consecutivas para determinar el flujo óptico. El módulo 681 de procesamiento puede estimar un vector de velocidad global basado solo en el flujo óptico. El módulo de procesamiento puede asignar el vector de velocidad global a una trayectoria de movimiento lateral que comprende la trayectoria de movimiento estimada.

El módulo 681 de procesamiento puede asignar el punto de un sistema de coordenadas de la exploración a un sistema de coordenadas de la imagen para dar lugar a una trayectoria en 2D para el punto. El módulo 681 de procesamiento puede diferenciar la trayectoria en 2D resultante para determinar un número de elementos de velocidad del punto. El módulo 681 de procesamiento puede aplicar la trayectoria en 2D y el número de elementos de la velocidad al flujo óptico. El módulo de procesamiento puede resumir cuadrados del flujo óptico con la

trayectoria en 2D aplicada y el número de elementos de velocidad entre un tiempo de referencia en la exploración y un tiempo de grabado del punto en la exploración para estimar la corrección de la trayectoria del movimiento estimada.

- 5 El módulo 681 de procesamiento puede minimizar una función objetivo que penaliza trayectorias inexactas en cada punto en la exploración basada en el flujo óptico con la trayectoria en 2D aplicada y el número de elementos de velocidad para mejorar la trayectoria del movimiento estimado. El módulo 681 de procesamiento puede regularizar la trayectoria en 2D para penalizar las trayectorias inexactas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema, que comprende:

un módulo de análisis que incluye un escáner intraoral en tres dimensiones (3D); y  
un módulo de procesamiento acoplado al módulo de análisis para:

5 recibir una pluralidad de exploraciones en tres dimensiones (3D) de una dentición;  
registrar una exploración distorsionada a una exploración previa y la exploración posterior,  
determinar si una cantidad de movimiento entre la exploración previa, la exploración distorsionada, y la  
10 exploración posterior está dentro de un umbral de registro,  
estimar una primera trayectoria de movimiento de la exploración previa a la exploración posterior basada en  
el registro;  
estimar una segunda trayectoria de movimiento durante un tiempo de exploración de la exploración  
distorsionada;  
15 calcular una exploración corregido para la exploración distorsionado mediante la compensación de la  
trayectoria de movimiento durante el tiempo de escaneado de la exploración distorsionada, y  
rechazar una exploración distorsionada en respuesta a la cantidad de movimiento que está fuera del umbral  
de registro.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el módulo de procesamiento está acoplado al módulo de análisis para:

20 alinear la exploración previa con respecto a la exploración distorsionada;  
determinar una porción de solapamiento de la exploración previa con respecto a la exploración particular basada  
en la alineación; y  
determinar una cantidad de movimiento entre la exploración previa y la exploración particular, sobre la base de la  
porción de solapamiento y/o una porción de no solapamiento para registrar la exploración particular a la al menos  
25 una de la exploración previa y la exploración posterior.

3. Un medio físico legible por un dispositivo informático que tiene instrucciones que pueden ser ejecutadas por un  
procesador para hacer que un dispositivo informático:

30 reciba una pluralidad de exploraciones en tres dimensiones (3D) de una dentición;  
registre una distorsionada de la pluralidad de exploraciones para al menos una de una exploración previa y una  
exploración posterior;  
determine si una cantidad de movimiento entre la exploración previa, la exploración distorsionada, y la  
exploración posterior está dentro de un umbral de registro;  
35 estime una primera trayectoria de movimiento de la exploración previa a la exploración posterior basada en el  
registro;  
estime una segunda trayectoria de movimiento durante un tiempo de exploración de la exploración distorsionada;  
calcule una exploración corregida para la exploración distorsionada mediante la compensación de la trayectoria  
de movimiento durante el tiempo de exploración de la exploración distorsionada,  
40 y rechace la exploración distorsionada en respuesta a la cantidad de movimiento que está fuera del umbral de  
registro.

4. El medio de la reivindicación 3, en el que las instrucciones se ejecutan por el procesador para estimar la primera y  
la segunda trayectorias de movimiento y calcular la exploración corregida en respuesta a la cantidad de movimiento  
que está dentro del umbral de registro.

45 5. El medio de la reivindicación 3, en el que las instrucciones para registrar la exploración distorsionada en al menos  
una de la exploración previa y las exploraciones posteriores comprenden instrucciones para:

50 alinear la exploración previa con respecto a la exploración distorsionada;  
determinar una porción de solapamiento de la exploración previa con respecto a la exploración distorsionada  
sobre la base de la alineación; y  
determinar una cantidad de movimiento entre la exploración previa y la exploración distorsionada sobre la base  
de la porción de solapamiento y/o una porción de no solapamiento.

55 6. El medio de la reivindicación 5, en el que la cantidad determinada de movimiento entre la exploración previa, la  
exploración distorsionada, y la exploración posterior incluye la cantidad determinada de movimiento entre la  
exploración previa y la exploración distorsionada.

7. El medio de la reivindicación 5, en el que las instrucciones para alinear la exploración previa con respecto a la  
exploración distorsionada comprenden instrucciones para realizar una transformación del cuerpo rígido en la  
exploración previa para alinear la exploración previa con la exploración distorsionada.

8. El medio de la reivindicación 3, en el que las instrucciones para registrar la exploración distorsionada en al menos

una de la exploración previa y la exploración posterior comprende instrucciones para:

- asociar un primer punto en un eje de tiempo en un medio de un tiempo de escaneado de la exploración previa con una transformación del cuerpo rígido de la exploración previa que alinea la exploración previa con la exploración distorsionada; y
- 5 asociar un segundo punto en el eje de tiempo en un medio de un tiempo de escaneado de la exploración posterior con una transformación del cuerpo rígido de la exploración posterior que alinea la exploración posterior con la exploración distorsionada; y
- 10 donde las instrucciones para estimar la primera trayectoria de movimiento comprenden instrucciones para interpolar entre el primer punto, un punto en el eje de tiempo en un medio del tiempo de exploración de la exploración distorsionada, y el segundo punto.
9. El medio de la reivindicación 8, en el que las instrucciones para estimar la segunda trayectoria de movimiento comprenden instrucciones para recortar la primera trayectoria de movimiento para incluir solo la trayectoria de movimiento durante el tiempo de exploración de la exploración distorsionada.
- 15 10. El medio de la reivindicación 3, en el que la primera trayectoria de movimiento comprende una instantánea de una trayectoria general de movimiento a través de la pluralidad de exploraciones, y donde las instrucciones pueden ser ejecutadas por el procesador para calcular la trayectoria general de movimiento basada en una pluralidad de instantáneas cada una asociada con una registrada respectiva de la pluralidad de exploraciones.
- 20 11. El medio de la reivindicación 3, en el que la pluralidad de exploraciones comprende una pluralidad de exploraciones intraorales 3D de la dentición de un paciente.
12. El medio de la reivindicación 11, en el que la pluralidad de exploraciones tiene una frecuencia de exploración de al menos diez exploraciones por segundo.
13. El medio de la reivindicación 3, en el que las instrucciones se ejecutan por el procesador para repetir iterativamente el registro de la exploración distorsionada, la estimación de la primera trayectoria de movimiento, la estimación de la segunda trayectoria de movimiento, y el cálculo de la exploración corregida para mejorar una
- 25 precisión de la exploración corregida.
14. El medio de la reivindicación 3, en el que las instrucciones para registrar la distorsionada de la pluralidad de exploraciones comprenden instrucciones para registrar la distorsionada de la pluralidad de exploraciones a una pluralidad de exploraciones previas y a una pluralidad de exploraciones posteriores.
- 30 15. El medio de la reivindicación 3, en el que la exploración previa comprende una exploración inmediatamente previa y donde la exploración posterior comprende una exploración inmediatamente posterior.

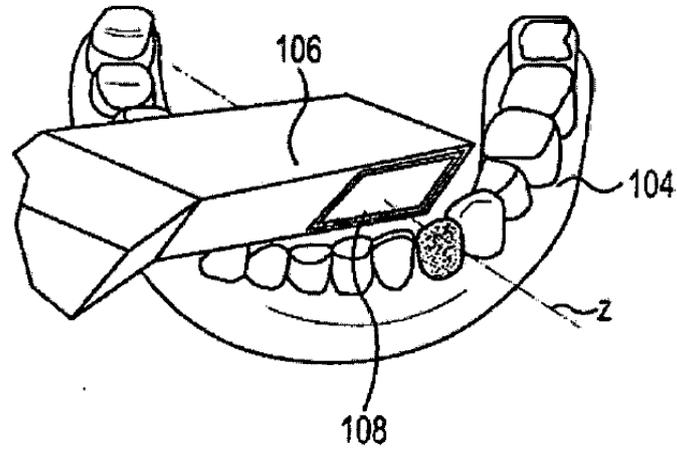


Fig. 1A

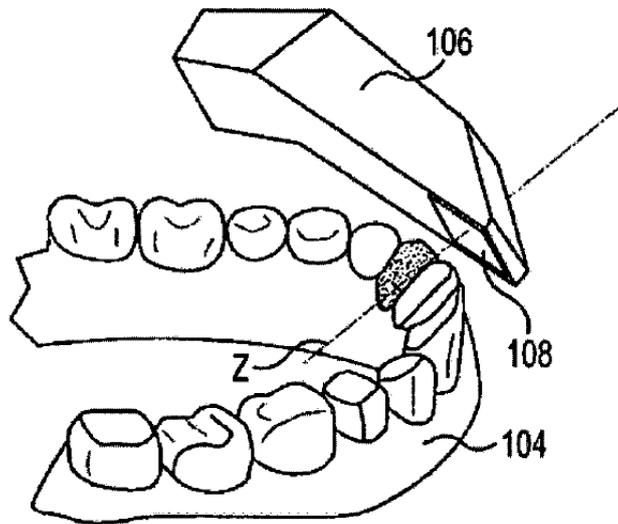


Fig. 1B

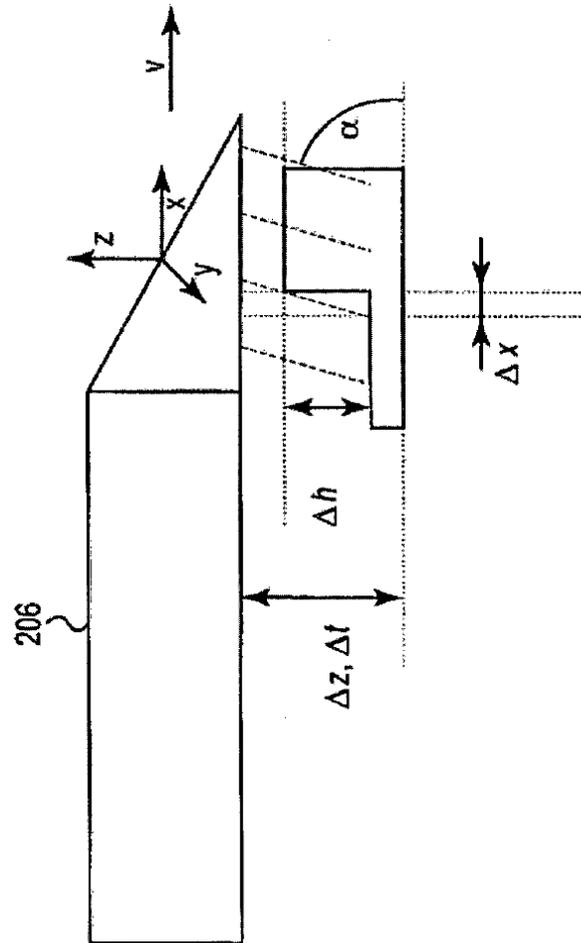


Fig. 2

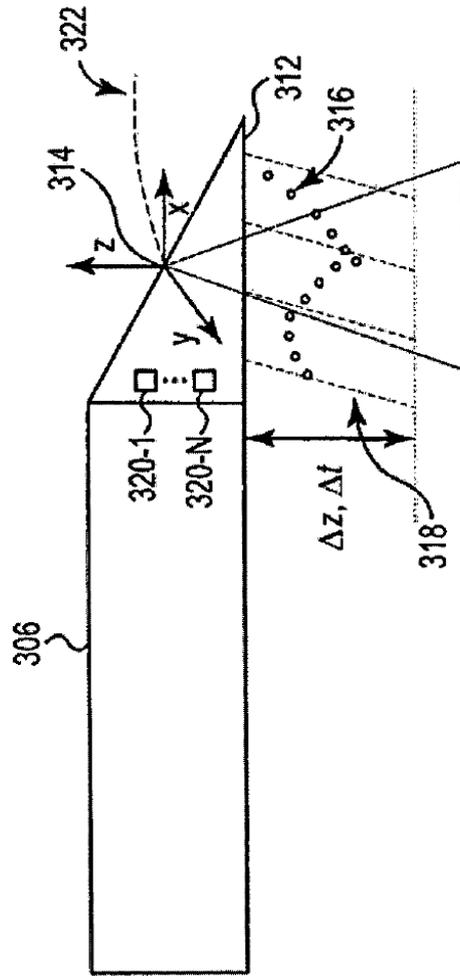


Fig. 3

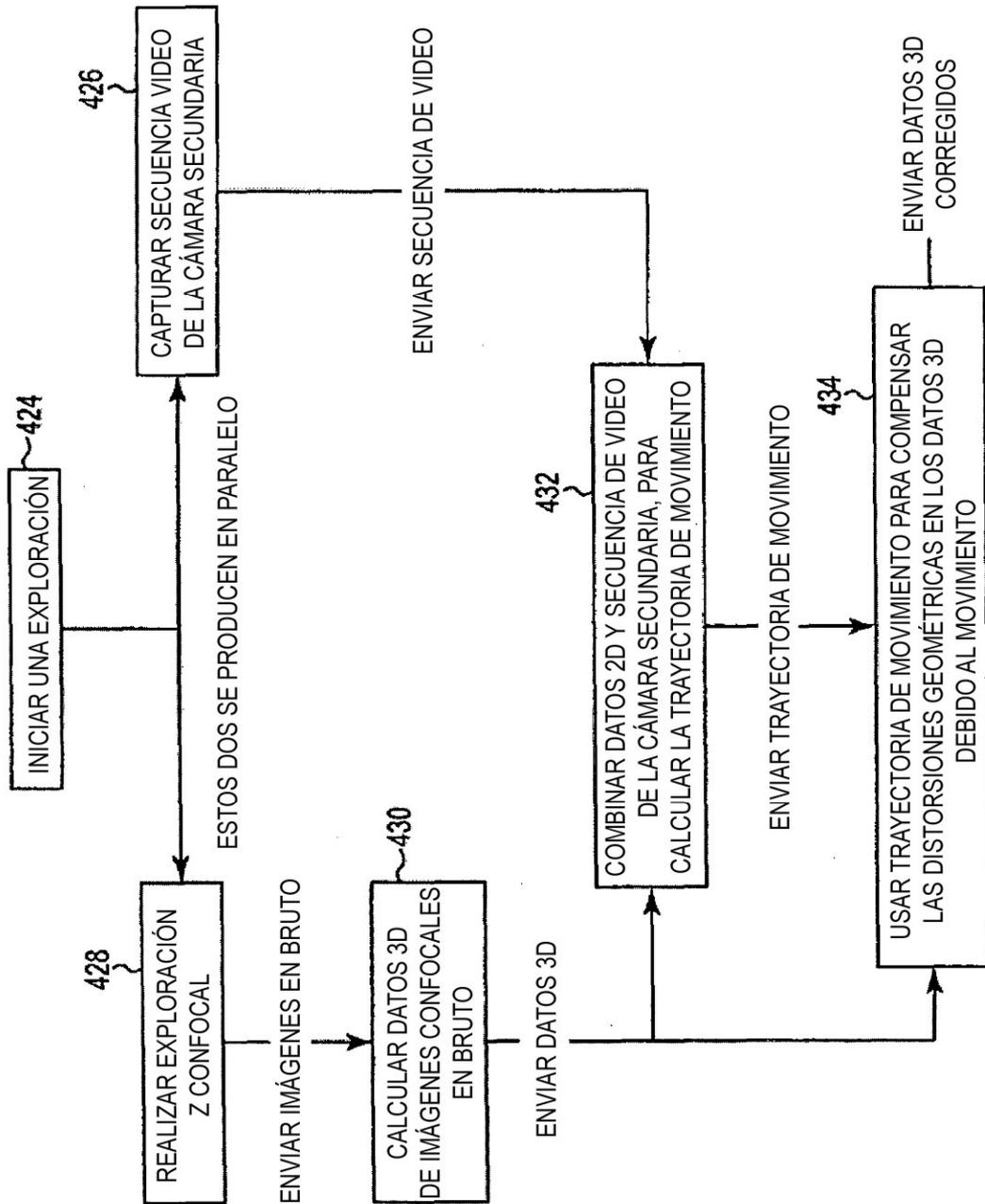


Fig. 4

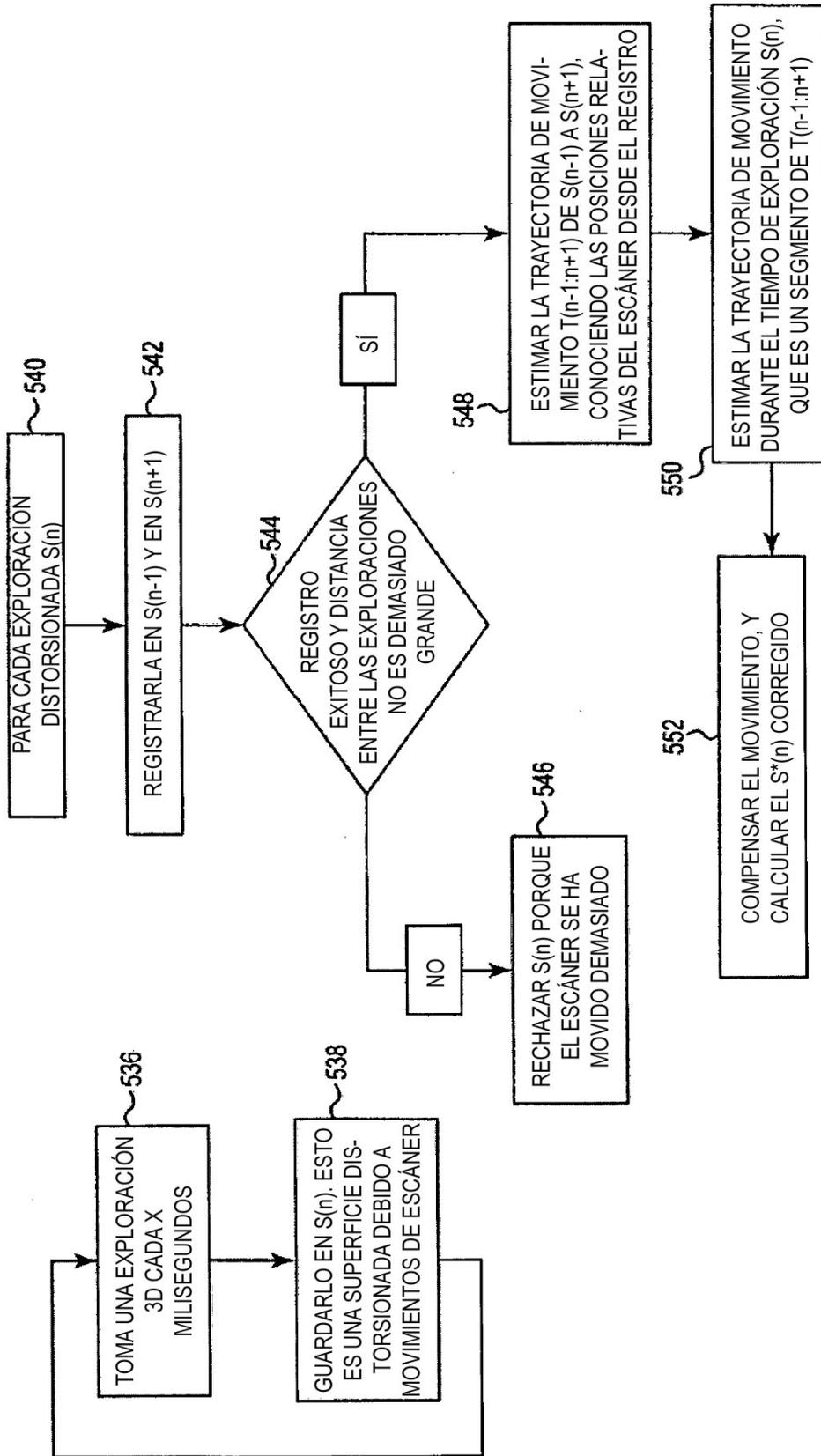


Fig. 5

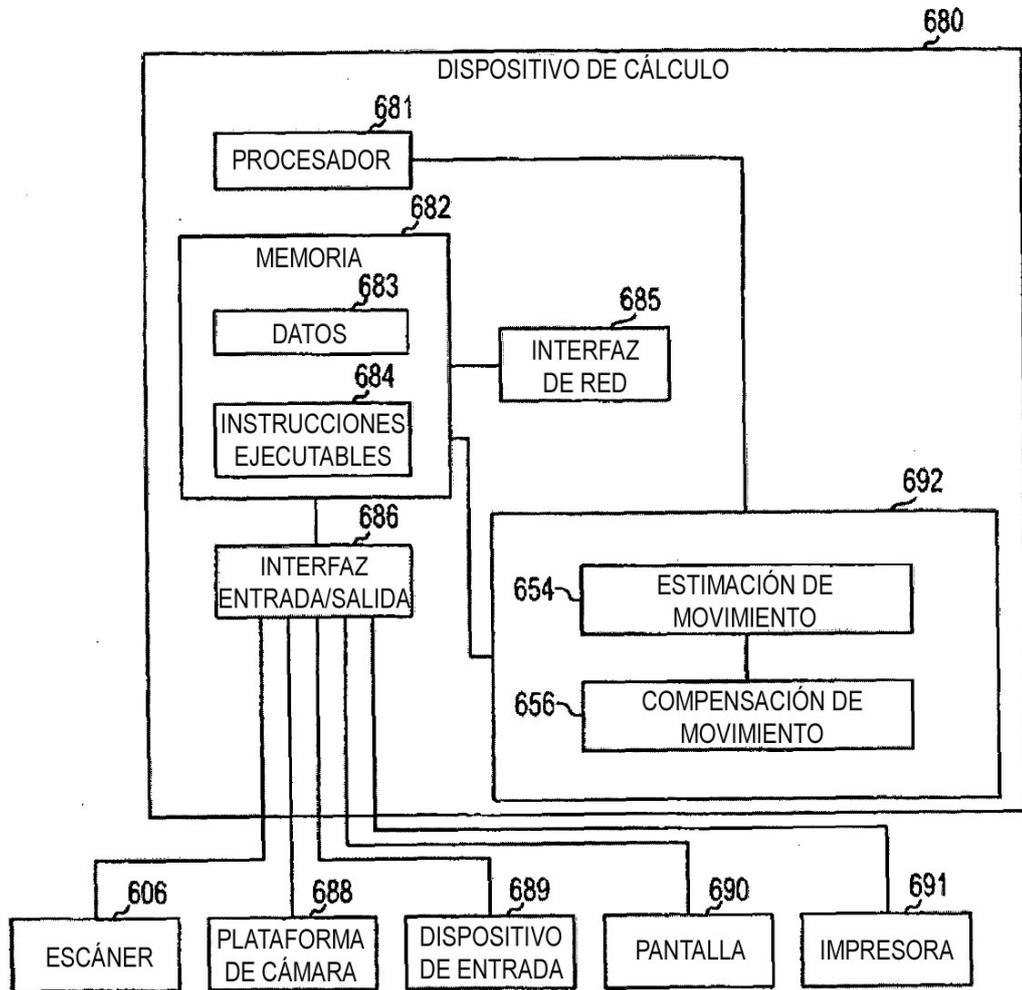


Fig. 6