

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 555**

51 Int. Cl.:

A61B 90/57 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

A61B 34/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2015** **E 15185062 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018** **EP 2997927**

54 Título: **Sistema para determinar y realizar el seguimiento del movimiento durante un procedimiento médico**

30 Prioridad:

16.09.2014 US 201414487987

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

10.04.2019

73 Titular/es:

**X-NAV TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
1555 Bustard Road Suite 75
Lansdale, PA 19446, US**

72 Inventor/es:

**MERITT, SCOTT A.;
EMERY, ROBERT W.;
MARANDOLA, EDWARD J y
SCHARFF, CHRISTOPHER W.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 708 555 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

Sistema para determinar y realizar el seguimiento del movimiento durante un procedimiento médico

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema para cirugía guiada por imágenes y, más en particular, a un sistema para determinar y realizar el seguimiento de los movimientos durante un procedimiento médico usando un punto de referencia visible externamente.

Antecedentes

10 La cirugía guiada por imágenes ha tenido un gran desarrollo a lo largo de los años y en la actualidad es una herramienta muy importante en los procedimientos quirúrgicos. La mayoría de los desarrollos se han centrado en las posiciones de imágenes en el cuerpo en el que hay muy poco acceso, tal como en los órganos internos.

La cirugía oral, que se define aquí como cualquier cirugía que se produzca dentro de la cavidad oral, puede ser tan difícil de realizar visualmente como las anteriores. La cavidad oral es relativamente pequeña y es difícil para un paciente mantenerla abierta durante períodos prolongados de tiempo. Incluso si un sitio quirúrgico es visible, una vez que el taladro penetra, resulta difícil determinar en qué posición se encuentra la punta en un momento dado.

15 La cirugía guiada por imágenes implica el uso de un escaneo de tomografía axial por computador o computarizada, comúnmente denominado TC o TAC, para crear una imagen digital del sitio quirúrgico (generalmente en tres dimensiones). El cirujano a continuación crea un plan para la cirugía utilizando la imagen. Durante la cirugía, la imagen generada a partir del CT anterior se utiliza junto con un instrumento especial, para representar visualmente el punto en el que se encuentra la punta del instrumento dentro del paciente.

20 Con el fin de hacerlo, la imagen digital del escaneo debe ser registrada con precisión en el sitio quirúrgico del paciente, de manera que el movimiento del paciente produzca el ajuste de la imagen digital. También se debe conocer la posición exacta de la punta del instrumento en relación con el paciente.

25 Para la cirugía oral, tal como durante la colocación de implantes dentales, un médico tiene que taladrar en el espacio libre mientras controla el taladro en seis grados de libertad estando potencialmente el paciente en movimiento. Esto hace que taladrar con precisión el hueso bueno al mismo tiempo que se evitan las raíces y los nervios sea muy difícil. De esta manera, la cirugía guiada por imágenes se ha utilizado recientemente para facilitar el proceso de taladrado. Los médicos utilizan los escaneos por CT de los dientes del paciente para determinar con precisión la densidad ósea, la anchura y la altura, así como para comprender las relaciones de otros dientes y las estructuras anatómicas para planificar un evento quirúrgico que proporcione la solución restauradora que probablemente será la más exitosa y menos traumática.

30 Actualmente existe software de planificación y sistemas de fabricación que utilizan la imagen de CT para ayudar a trasladar un plan prequirúrgico a una plantilla quirúrgica pasiva, es decir, crear un plan virtual para la cirugía y a continuación prefabricar en el laboratorio dental una plantilla quirúrgica para implementar el plan. Estas plantillas quirúrgicas pasivas ayudan a dirigir con precisión al médico a la posición, el ángulo y la profundidad adecuados. La cirugía guiada por imagen pasiva tiene limitaciones. Deben ser fabricadas antes de la cirugía en un laboratorio dental o por un fabricante de modelos. Esto requiere mayor tiempo del médico y del paciente así como gasto económico. Si hay un cambio en la boca de un paciente o si el médico desea cambiar el plan, la plantilla ya no es útil. En muchos casos, el paciente no puede abrir la boca lo suficiente para acomodar los instrumentos necesarios y la plantilla.

35 La cirugía guiada por imagen activa resuelve muchos de los problemas de los sistemas guiados pasivamente, es decir, la apertura máxima de la boca limitada, la necesidad de prefabricar una plantilla pasiva y la incapacidad de cambiar el plan durante la cirugía puede superarse con sistemas guiados activamente. Con el fin de proporcionar una cirugía guiada por imagen activa, la posición de la boca del paciente, específicamente el hueso y los dientes, debe ser seguidos y registrados con precisión en la imagen escaneada y en la herramienta quirúrgica. Con el fin de hacerlo, la mayoría de los sistemas convencionales requieren la creación de un dispositivo de registro que se una a la cabeza del paciente o se inserte en la boca, que incluye marcadores de referencia y un sensor. Algunos dispositivos de registro están conectados en el exterior de la cabeza, por ejemplo, a un dispositivo montado en la cabeza. Otros involucran un dispositivo que está unido a la mandíbula con los sensores posicionados fuera de la boca para limitar la interferencia con la zona quirúrgica y permitir que los sensores ópticos realicen el seguimiento del movimiento del dispositivo y de la herramienta quirúrgica.

40 Con el fin de crear el dispositivo oral, se toma una impresión, generalmente de los conjuntos de dientes superiores e inferiores semanas antes de la operación. A continuación, la impresión se envía a un laboratorio en el que se hace un molde que duplica sustancialmente los dientes. A partir del molde se hace un dispositivo oral que se asienta en los dientes o que está diseñado para ser perforado en la mandíbula. El dispositivo incluye al menos los marcadores de referencia y también, si no está equipado con un sensor, incluye posiciones de montaje para los sensores ópticos.

Después de que el laboratorio haya creado el dispositivo, este se devuelve al cirujano dental. Se ingresa al paciente, se le coloca el dispositivo y se realiza un escaneo CT. El paciente es enviado de nuevo a casa. Una imagen digital de la cavidad oral del paciente es creada a partir del escaneo y el cirujano desarrolla el plan quirúrgico.

5 A continuación se ingresa al paciente para la operación. El dispositivo está unido al paciente. Los transmisores ópticos están situados alrededor del paciente y emiten señales que son detectadas por el o los sensores. El o los sensores envían una señal al software a medida que la boca del paciente se mueve y se realiza un ajuste en la imagen digital de la cavidad bucal del paciente. El software también realiza un seguimiento de la posición del instrumento y muestra una imagen del instrumento en la posición adecuada en relación con la imagen digital de los dientes.

10 Además de las molestias para el paciente, los sistemas existentes tienden a tener algunas dificultades para registrar con precisión al paciente en el escaneo digital. Todos los sistemas actuales de cirugía guiada por imagen activa dental implican el uso de un seguimiento óptico que requiere que el dispositivo que se coloca en la boca del paciente se extienda fuera de la boca para que sea detectado por el transmisor o los receptores ópticos.

Sumario de la invención

15 La invención se define en la reivindicación 1. Se describe un sistema de guiado por imagen para el seguimiento de un instrumento quirúrgico durante la cirugía oral. El sistema incluye un dispositivo configurado para ser unido de manera retirable a la anatomía de un paciente en una posición cerca de un área quirúrgica.

20 Un primer conjunto de seguimiento, incluido un conjunto de soporte, está unido de manera retirable al dispositivo. El primer conjunto de seguimiento incluye una primera superficie de patrón de seguimiento que incluye un primer patrón visible ópticamente. El conjunto de soporte posiciona el primer patrón de seguimiento en una posición separada del área quirúrgica.

El sistema incluye una herramienta para su uso en el procedimiento quirúrgico. Un segundo conjunto de seguimiento está unido a la herramienta e incluye una segunda superficie de patrón de seguimiento. La segunda superficie de patrón de seguimiento incluye un segundo patrón visible ópticamente.

25 Una pluralidad de cámaras se montan separadas del área quirúrgica en una posición que permite que las cámaras, cuando se activan, capturen imágenes de los patrones ópticamente visibles en las superficies primera y segunda del patrón de seguimiento.

30 Un sistema de procesamiento está conectado a las cámaras y procesa las imágenes capturadas. El procesador está configurado para reconocer los patrones ópticamente visibles y triangular las posiciones y las orientaciones de los conjuntos de seguimiento primero y segundo. El sistema de procesamiento determina la posición y la orientación de la herramienta de la que se ha realizado el seguimiento en función de un conjunto de datos de referencia que incluye la posición y la orientación del dispositivo con respecto a un escaneo, como un escaneo por TAC del área quirúrgica. El sistema de procesamiento analiza las transformaciones relativas entre cada cámara de los patrones ópticamente visibles en las superficies primera y segunda de patrón de seguimiento.

El dispositivo está configurado para unirse de manera retirable a uno o más dientes en la boca de un paciente.

35 El conjunto de soporte incluye una montura de montaje que se sujeta de manera desmontable a una pestaña en el dispositivo. El conjunto de soporte también incluye una montura de seguimiento que se adhiere a la primera superficie del patrón de seguimiento, y un brazo de soporte que une la montura de soporte a la montura de seguimiento. La montura de soporte incluye preferiblemente dos postes de montaje separados que se aplican a la pestaña. La fijación de la montura de seguimiento a la primera superficie del patrón de seguimiento es preferiblemente ajustable.

40 En una realización, la montura de seguimiento incluye una base con una serie de indentaciones y salientes. El primer conjunto de seguimiento incluye un bastidor con una unión a la montura de seguimiento, estando configurado la unión para permitir que el bastidor sea orientado ajustablemente con respecto al conjunto de soporte. El bastidor puede incluir una serie de indentaciones y salientes que están configuradas para emparejarse con las indentaciones y los salientes en la montura de seguimiento para permitir que la orientación de rotación del bastidor de seguimiento con respecto a la base sea ajustable.

45 Los patrones ópticamente visibles contienen cada uno preferiblemente una pluralidad de formas de contraste en 2D, estando dispuestas las formas de contraste para diferenciar de manera única cada patrón visible ópticamente del otro patrón visible ópticamente.

50 Cada cámara está situada para capturar al menos una parte del patrón visible ópticamente en cada una de las superficies del primer y segundo patrón de seguimiento, de modo que una imagen de cada patrón visible ópticamente capturado por la cámara se encuentre en un ángulo de visión diferente al de la imagen del mismo patrón ópticamente visible capturado por la (s) otra (s) cámara (s). Las cámaras están configuradas para enviar datos representativos de las imágenes en 2D de los patrones ópticamente visibles capturados por las cámaras.

El procesador incluye un conjunto de datos de patrones que incluyen datos de posición para contrastar formas en cada uno de los patrones en el conjunto de datos. El procesador está configurado para analizar el conjunto de datos de patrones para determinar cuál de los patrones en el conjunto de datos corresponde a cada uno de los patrones ópticamente visibles en las imágenes en 2D recibidas de las cámaras.

5 Las formas en contraste incluyen cuadros adyacentes de distinto color, y cada conjunto de cuadros adyacentes está separado unos de los otros por una línea. Un punto definido está formado por un punto central de dos líneas que se cruzan, y el procesador determina la posición de los puntos definidos en el conjunto de datos de patrones, los patrones ópticamente visibles para determinar si un patrón dado del conjunto de datos de patrones corresponde a los patrones ópticamente visibles.

10 El dispositivo está configurado para encajarse de manera retirable en uno o más dientes del paciente. La pestaña se extiende hacia afuera desde en el que se situaría el diente del paciente.

Se describe un método para proporcionar el guiado por imagen en un procedimiento quirúrgico oral utilizando el sistema de guiado por imagen que se ha descrito más arriba.

15 Las anteriores y otras características de la invención y las ventajas de la presente invención se harán más evidentes a la luz de la descripción detallada que sigue de las realizaciones preferidas, como se ilustra en las figuras adjuntas. Como se comprenderá, la invención es capaz de modificaciones en varios aspectos, todos sin apartarse de la invención. En consecuencia, los dibujos y la descripción se deben considerar como de naturaleza ilustrativa, y no restrictiva.

Breve descripción de los dibujos

20 Con el fin de ilustrar la invención, los dibujos muestran una forma de la invención que se prefiere actualmente. Sin embargo, se debe entender que esta invención no está limitada a las disposiciones e instrumentos precisos que se muestran en los dibujos.

La figura 1 es una vista en perspectiva de un conjunto de seguimiento con una superficie de visualización de patrones unida a un dispositivo oral para su uso en una realización de la presente invención.

25 La figura 2 es una vista desde arriba del dispositivo de fijación oral y el conjunto de seguimiento de la figura 1.

La figura 3 es una vista en perspectiva de otra realización de un conjunto de seguimiento con una superficie de visualización de patrones unida a un dispositivo oral según la presente invención.

La figura 4 es una vista lateral del dispositivo oral y del conjunto de seguimiento de la figura 3.

30 La figura 5 es una vista lateral de un soporte para unir un conjunto de seguimiento a un dispositivo oral según la presente invención.

La figura 6 es una vista lateral diferente del soporte de la figura 5.

La figura 7 es una vista en perspectiva de otra realización de un conjunto de seguimiento unido a un instrumento dental de acuerdo con la presente invención.

La figura 8 es una vista lateral del instrumento dental y el conjunto de seguimiento de la figura 7.

35 La figura 9 es el conjunto de seguimiento de la figura 7 retirado del instrumento dental.

La figura 10 es una ilustración de una realización de un patrón para uso en la superficie de visualización de patrones del conjunto de seguimiento.

La figura 11 es una ilustración de una placa de seguimiento con cuatro patrones de seguimiento dispuestos para un seguimiento único del patrón.

40 La figura 11A es una vista ampliada de una parte del patrón de seguimiento de la figura 11.

La figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método convencional para determinar la postura del modelo.

La figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un método para determinar la postura del modelo de acuerdo con la presente invención.

45 La figura 14 es una representación esquemática de un dispositivo oral y de un instrumento dental con cámaras de imágenes según la presente invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

La presente invención trata las deficiencias de la técnica anterior proporcionando un sistema de guiado por imagen para realizar un seguimiento eficiente del movimiento de un paciente durante la cirugía. La presente invención se describirá en relación con la cirugía oral y el seguimiento del movimiento de la boca de un paciente, pero la invención no se limita necesariamente a esa realización. En una realización, el sistema de guiado de imágenes incluye una pluralidad de cámaras situadas fuera de la cavidad bucal para proporcionar imágenes de patrones ópticamente visibles adheridos al paciente por medio de un dispositivo oral y que están situados fuera del área en la que se está operando. Las imágenes se utilizan para detectar y realizar el seguimiento del movimiento de la boca del paciente y/o un instrumento o herramienta quirúrgico. Un sistema de procesamiento recibe y procesa las imágenes para reconocer patrones y triangular las posiciones y orientaciones relativas a cada cámara. El sistema de procesamiento utiliza un conjunto de datos de referencia que define un sistema de coordenadas de referencia basado en la alineación con una parte de la anatomía oral. El sistema de procesamiento determina la posición y la orientación del instrumento quirúrgico al que se le ha realizado el seguimiento y el dispositivo oral en función del conjunto de datos de referencia.

Volviendo a continuación a las figuras, se muestran realizaciones del sistema de guiado por imagen 10 para su uso en un procedimiento quirúrgico oral. Como se hará evidente, las características de la invención no se limitan a los procedimientos quirúrgicos orales y tienen aplicabilidad a otros procedimientos quirúrgicos. En una realización, el sistema 10 incluye un dispositivo dental oral o dispositivo 12 que está diseñado para unirse a uno o más dientes del paciente. Un dispositivo adecuado se describe en la solicitud de patente en tramitación junto con la presente, número de serie 14/209.500. Los detalles del dispositivo 12 tal como se hace referencia en la presente memoria descriptiva se pueden encontrar en esa solicitud. El dispositivo 12 se puede unir preferiblemente de manera retirable a los dientes del paciente e incluye un soporte 14 que está hecho de un material adecuadamente fuerte, preferiblemente un material plástico termoestable, que es lo suficientemente rígido para no deformarse cuando se somete a las temperaturas elevadas que se analizan a continuación. En una realización, el material plástico es polifenilsulfona o copolímero de acetal. El soporte 14 incluye una base 16 que preferiblemente es generalmente plana, con una pared interior 18 y una pared exterior 20. La pared interior 18 y la pared exterior 20 están unidas y se extienden hacia afuera desde la base 16. Preferiblemente, las paredes 18, 20 se extienden hacia afuera desde la base 16 en ángulos sustancialmente o generalmente rectos desde la base 16. Sin embargo, como se apreciará, las paredes podrían estar en otros ángulos deseados desde la base 16. Las paredes y la base se forman preferiblemente como un componente enterizo. La separación de las paredes interior y exterior 18, 20 es mayor que la anchura de los dientes a los que se pretende que se adhiera el dispositivo oral 12. Debe ser evidente que la separación de las paredes 18, 20 puede ser diferente entre los dispositivos diseñados para adultos y niños. Las paredes 18, 20 tienen preferiblemente una altura desde la base que se extiende debajo de la parte superior de los dientes del paciente cuando se instalan. Preferiblemente, la altura es suficiente para que se extiendan de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 13,5 mm desde la superficie de oclusión cuando están instaladas en el diente de un paciente con el material que lo recubre.

Como se describe en la solicitud en tramitación junto con la presente número de serie 14/209.500, el dispositivo oral 12 también incluye un material termoplástico moldeable situado en una superficie interna del soporte 14, preferiblemente en la base 16. El material moldeable está diseñado para formar una impresión de una porción de los dientes de un paciente. Más específicamente, cuando el material moldeable está en su estado sin curar (desactivado), el material se "activa" colocando el dispositivo oral 12 (soporte 14 con material moldeable en el mismo) en un recipiente con agua tibia o caliente a una temperatura por encima de la cual el material comienza a ser moldeable. Preferiblemente, el material elegido tiene una característica que proporciona al usuario una indicación visual de que el material está listo para ser moldeado, tal como cambiar de color (por ejemplo, de blanco a transparente o translúcido). Una vez que el material es activado, el dispositivo oral 12 se coloca sobre los dientes de un paciente y se aplica una ligera presión hacia abajo que hace que el material moldeable se deforme alrededor de la parte superior y al menos algunos de los lados de los dientes entre las paredes de soporte 18, 20. Después de un período de tiempo prescrito, generalmente de aproximadamente 30 segundos a un minuto, el material moldeable se ajusta para formar una impresión de la forma exterior y de los contornos de los dientes que estaban cubiertos por el material. El dispositivo oral 12 se puede extraer de la boca del paciente. Se puede lograr un curado adicional colocando el dispositivo oral 12 con el material de moldeo en un recipiente con agua fría o helada para completar el proceso de fijado.

El material seleccionado debe permanecer sólido (curado) a las temperaturas que normalmente existen en la boca de una persona (generalmente, alrededor de 37,78°C (100 grados F)), y moldeables a una temperatura superior a esa (por ejemplo, más de 54,44°C (130 grados F)), al menos hasta que esté fijado inicialmente. El material debe ser lo suficientemente rígido en su estado curado para mantener la forma de la impresión sin distorsionarla. Los materiales termoplásticos adecuados para uso en la invención incluyen policaprolactona o polivinilsiloxano (PVS). Sin embargo, cualquier tipo de material moldeable que pueda fijar y retener una impresión puede ser usado en la presente invención. El material moldeable se puede aromatizar para complacer al paciente durante el proceso de moldeo. La cantidad de material utilizado variará dependiendo de la cantidad y el tamaño de los dientes que se van a moldear.

El dispositivo oral 12 también incluye una pluralidad de marcadores de referencia 80 montados en el soporte 14 para que el sistema determine la posición en la que se encuentra el dispositivo oral 12 (y, por lo tanto, la cámara) con relación a los dientes del paciente. Los marcadores 80 están en ciertas posiciones en el dispositivo 12 y son parte de un sistema de registro para situar correctamente el dispositivo 12 en el espacio. Como se explicará con más detalle a continuación, los marcadores de referencia son detectados durante un escaneo por TAC de la boca del paciente y

su posición se registra en el escaneo. Preferiblemente, hay al menos tres marcadores de referencia 80 separados unos de los otros y unidos rígidamente al soporte 14. El uso de los tres marcadores de referencia permite la posición del dispositivo oral en tres dimensiones. Los marcadores de referencia pueden estar situados en la base 16 y/o en las paredes 18, 20.

5 Los marcadores de referencia 80 pueden ser de forma esférica y/o coloreados para que un técnico o médico los pueda detectar fácilmente, así como el software que se está utilizando. Más específicamente, para que los marcadores de referencia 80 se detecten en una imagen escaneada, los marcadores de referencia 80 deben tener una radiodensidad diferente (es decir, la densidad detectada por el escáner CT) que la del dispositivo, la del material moldeable y la de los dientes. En una realización, los marcadores de referencia 80 son rodamientos de bolas cerámicos. Sin embargo, otros materiales, formas y tamaños pueden ser utilizados. Preferiblemente, los marcadores de referencia 80 tienen cada uno su propia radiodensidad o son de diferentes tamaños o formas, de modo que se puede usar un programa de software para detectar automáticamente los diferentes marcadores de referencia 80 en la imagen escaneada. El software también puede aplicar un color en la imagen escaneada que corresponda al color o la forma de los marcadores para ayudar en el registro del dispositivo oral 12, como se explicará más adelante. También se contempla que los marcadores de referencia puedan incluir atributos ópticos pasivos, tales como superficies especulares o difusas, o atributos ópticos activos, tales como materiales emisores de luz, para usar en la posición visual de los marcadores de referencia en relación con una cámara u otra posición.

Aunque los marcadores de referencia preferidos se distinguen de los dientes y del dispositivo oral 12 por su radiodensidad, también se contempla que se puedan usar otras características distintivas distintas de la densidad. Por ejemplo, los marcadores pueden ser transmisores prefijados u otros dispositivos de localización de posición.

El dispositivo oral 12 incluye también al menos una montura 26 unida o formada enterizamente con el soporte 14. En la realización que se ilustra, la montura 26 se extiende hacia afuera desde la pared exterior 20. Como se explicará más adelante, la montura 26 está configurada para tener un conjunto de seguimiento 200 unido a la misma para su uso en el movimiento de seguimiento (cambios de posición) del dispositivo 12. En una realización, la montura 26 incluye al menos una pestaña 28 y más preferiblemente dos pestañas separadas 28, 30 que se extienden fuera del lado del dispositivo 12. Cada pestaña 28, 30 puede incluir muescas o indentaciones 32 formadas en los lados laterales opuestos de la pestaña 28, 30.

Un conjunto de soporte 100 se puede unir de manera retirable a la montura 26 del dispositivo oral 12 y está configurado para sostener el conjunto de seguimiento 200. En la realización que se ilustra, el conjunto de soporte incluye una montura de soporte 102 que se une de manera retirable a las pestañas 28, 30 en el dispositivo, un brazo de soporte 104 y una montura de seguimiento 106. La montura de soporte 102 incluye dos postes de montaje separados 108_A, 108_B. Cada poste de montaje 108 incluye preferiblemente un saliente 110 que está configurado para aplicarse y asentarse en la indentación 32 de manera que los postes de montaje 108_A, 108_B se colocan en cada lado de y contra las pestañas 28, 30.

El brazo de soporte 104 incluye una porción principal 112 y una porción de dispositivo 114 que se extiende entre los postes 108_A, 108_B. En una realización, el brazo de soporte 104 está unido rígidamente, preferiblemente fijamente, a uno de los postes 108_A. El otro poste 108_B (el que está más alejado de la porción principal 112) está dispuesto preferiblemente de manera deslizante sobre la porción de fijación 114 de manera que la separación entre los postes 108_A, 108_B sea ajustable. Un extremo distal de la porción de dispositivo 114 se extiende a través del poste 108_B. Las roscas (que no se muestran) están formadas preferiblemente en el extremo distal de la parte de fijación 114. Un pomo 116 se enrosca en el extremo distal de la porción de fijación. Como se muestra en la figura 6, los pasadores del brazo de seguimiento 113 se usan para sujetar los postes 108 cautivos en el brazo de soporte 112. Esto permite que los postes 108 giren libremente alrededor del brazo de soporte 112. Cuando se montan en el dispositivo 12, el poste 108_A está posicionada contra las pestañas 28, 30 de manera que la porción sobresaliente 110 se asiente en la indentación 32. El otro poste 108_B se desliza en el extremo distal de la porción del dispositivo del brazo de soporte 104 hasta que su porción sobresaliente 110 se asiente dentro de la otra indentación 32. El pomo 116 se aprieta, asegurando de esta manera el brazo 104 al dispositivo oral 12. Es fácilmente evidente que los postes 108, por otra parte, podrían incluir porciones con indentaciones y las pestañas 28, 30 podrían tener porciones sobresalientes, o los postes y las pestañas podrían tener simplemente superficies de montaje al ras.

Como se ha explicado más arriba, el extremo opuesto del brazo 104 incluye una montura de seguimiento 106 para unir un conjunto de seguimiento de dispositivo 200. En la realización que se ilustra, la montura de seguimiento 106 incluye un talón roscado 118 y una base 120. La base 120 tiene preferiblemente una serie de dientes o indentaciones y salientes 122. La base 120 y el talón roscado 118 son preferiblemente enterizos con la porción principal 112 del brazo 104.

El conjunto de seguimiento de dispositivo 200 está unido a la montura de seguimiento 106 para que sea preferiblemente ajustable. Más en particular, el conjunto de seguimiento de dispositivo 200 incluye un bastidor 202 que se une a la montura de seguimiento 106 del conjunto de soporte 100. El dispositivo está configurado preferiblemente para permitir que el bastidor se oriente de manera ajustable con respecto al conjunto de soporte 100 como se explicará más adelante con más detalle. En la realización que se ilustra, el bastidor 202 incluye un orificio 203 (mostrado en la figura 4) con roscas que se aplican a las roscas en el talón 118 del brazo 104. Preferiblemente, hay una serie de

dientes o indentaciones y salientes 204 que están configurados para acoplarse con los dientes o indentaciones y salientes 122 en el conjunto de soporte 100. La inclusión de los dientes de acoplamiento 122/204 permite una capacidad de ajuste precisa y repetible de la posición del bastidor 202 con respecto al brazo de soporte 104. En la realización que se ilustra, el montaje del conjunto de seguimiento de dispositivo 200 en el conjunto de soporte 100 permite que el conjunto de seguimiento se disponga de forma bloqueable en diferentes posiciones de rotación alrededor del eje 206.

El conjunto de seguimiento incluye una superficie de visualización de patrones 208 que está unida o formada sobre el bastidor 202. Al ajustar la unión del conjunto de seguimiento de dispositivo 200 al conjunto de soporte 100, es posible cambiar la orientación de la superficie de visualización de patrones 208 alrededor del eje 206. Esta es una característica beneficiosa ya que permite que la superficie de visualización del patrón 208 se oriente en una posición adecuada durante el uso para proporcionar la máxima capacidad de detección de la superficie por cámaras montadas externamente.

La superficie de visualización de patrones puede tener cualquier forma adecuada. En una realización que se muestra en las figuras 1 y 2, la superficie de visualización de patrones 208 del conjunto de seguimiento es sustancialmente cilíndrica y tiene un eje que preferiblemente es colineal con el eje 206. En otra realización que se muestra en las figuras 3 y 4, la superficie de visualización de patrones 208 del conjunto de seguimiento es sustancialmente plana o aplanada. Es fácilmente evidente que se podría usar cualquier otra forma con la presente invención.

Un patrón de seguimiento 210 está dispuesto o formado en la superficie de visualización de patrones 208. El patrón de seguimiento 210 es un patrón visible ópticamente que está configurado para proporcionar puntos de referencia visuales para que las cámaras instaladas externamente detecten el uso de un sistema informático para realizar el seguimiento de la posición y el movimiento del conjunto de seguimiento, y, por lo tanto, del dispositivo oral 12. En una realización, el patrón de seguimiento puede incluir una serie de Códigos de Referencia Rápida o QR no repetitivos separados de la superficie del conjunto de seguimiento 200. La Solicitud con número de serie 14/209.500 describe algunos patrones de seguimiento adecuados que se pueden usar en la presente invención. La figura 10 ilustra un patrón de seguimiento 2D que puede ser usado en la presente invención.

También se pueden usar códigos de barras, códigos Aztec u otros códigos 2D, o imágenes gráficas. El patrón utiliza preferentemente colores de contraste, tales como el negro (que se muestra en sombreado cruzado denso) y el blanco, para facilitar la detección y el reconocimiento por parte del sistema. La disposición de los cuadrados de tablero de ajedrez está dispuesta de manera que sea fácil y rápida de identificar. También se contempla que se pueden usar otros mecanismos para proporcionar los datos de referencia necesarios, incluyendo LED, una matriz de datos, glifos de datos o características realzadas o reducidas similares a braille. El patrón de seguimiento 208 puede estar formado en una capa de material que se adhiere al bastidor del conjunto de seguimiento. Alternativamente, el patrón de seguimiento puede ser moldeado o grabado o dispuesto directamente sobre el bastidor.

Se contempla que el conjunto de seguimiento de dispositivo 200 pueda configurarse para proporcionar retroiluminación u otro mecanismo para aumentar el contraste del patrón de seguimiento 210 para facilitar la detección. Si el conjunto de seguimiento está retroiluminado, el patrón de seguimiento 210 está hecho preferiblemente de material al menos parcialmente transparente o translúcido para mejorar el contraste. También se contempla que se pueda usar un material fluorescente para facilitar la detección.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 7 a 9, se muestra un conjunto de seguimiento de herramienta quirúrgica 300 según una realización, montado a o parte de una herramienta dental quirúrgica 302, tal como un taladro. El conjunto de seguimiento de herramienta 300 incluye una montura de herramienta 304 que está diseñada para asegurar una superficie de patrón de herramienta 306 a la herramienta 302. La montura de herramienta 304 incluye una abertura 308 que se ajusta alrededor del cuerpo 310 de la herramienta 302 de manera segura para que el conjunto de seguimiento se mueva en combinación con la herramienta quirúrgica. La unión podría ser a través de una serie de diferentes mecanismos bien conocidos en la técnica. Por ejemplo, el conjunto de seguimiento de la herramienta está unido, por ejemplo, con un collarín o un mecanismo similar bien conocido que se puede atornillar o sujetar de manera desmontable en el cuerpo de la herramienta para asegurar el conjunto de seguimiento de herramienta a la herramienta. Se puede incluir un orificio para permitir tubos de irrigación y cables de la cámara de herramientas.

Un patrón de seguimiento de herramienta 308, similar al patrón de 210, está dispuesto o formado sobre la superficie del patrón de herramientas 306. El patrón de seguimiento de herramienta 308 es un patrón visible ópticamente que está configurado para proporcionar puntos de referencia visuales para que las cámaras instaladas externamente detecten para ser usado por un sistema informático para realizar el seguimiento de la posición y el movimiento del conjunto de seguimiento de herramienta 300. El patrón que se muestra en la figura 10 podría ser usado como patrón de seguimiento de herramienta.

Haciendo referencia a continuación a la figura 11, se muestra una realización de una placa de seguimiento 400. En esta realización, la placa de seguimiento 400 incluye una porción del patrón de seguimiento 210. Más específicamente, en la realización que se ilustra, cuando cuatro placas de seguimiento están dispuestas como se muestra en la figura 11, la intersección de las cuatro placas define el patrón de seguimiento 210 tal como está indicado por las líneas discontinuas. En la realización que se ilustra, los cuadros ligeramente rayados pueden ser blancos o negros

dentro del alcance de la invención. Las opciones de coloración de los cuadros ligeramente rayados, en combinación con otros cuadros en la placa 400 permiten que la placa sea definida de manera única para que el sistema reconozca el patrón en la placa individual 400.

5 El uso de la placa de seguimiento 400 tiene varios beneficios. En primera posición, cada placa incluye, en promedio, una intensidad de aproximadamente el 50% (es decir, 50% de luz y 50% de oscuridad). Esto facilita la capacidad de un sistema informático para detectar, por medio de una cámara, los cuadros en la placa al permitir que el sistema informático ajuste la ganancia y la exposición de las cámaras para maximizar el rendimiento de detección. Además, cuando cuatro placas 400 están dispuestas como se muestra en la figura 11, cada placa de seguimiento 400 incluye un mínimo de trece puntos definidos 402, que en la realización preferida son las esquinas x, el punto central de dos líneas que se intersecan entre cuadros adyacentes de colores opuestos (es decir, negro (trama cruzada densa) y blanco). La ventaja de elegir las esquinas x como puntos definidos, es que la posición del punto central puede ubicarse con una precisión de subpíxeles, y la posición es estable bajo las degradaciones típicas de la imagen, en particular la iluminación excesiva y la iluminación insuficiente y el ruido del sensor, sin embargo, se contempla que se pueden usar otros tipos de puntos definidos y combinaciones de diferentes tipos de puntos definidos, por ejemplo, los centroides de círculos u otras formas, y puntos de esquina en formas con regiones de contraste anguladas. Más en particular y con referencia a la figura 11A, que es una vista ampliada de cuatro cuadros adyacentes de color opuesto, los cuadros adyacentes de colores opuestos (404 blanco, 406 negro (sombreado cruzado denso)) están separados unos de los otros por una línea 408. En una realización, el sistema está programado para detectar dos colores distintos, en este caso, blanco y negro, y situar una línea entre cuadros adyacentes de esos dos colores. Por ejemplo, cuando el sistema detecta dos colores distintos adyacentes, busca una serie de dos o más puntos adyacentes A, B entre esos cuadros de colores distintos y define una línea 408 entre las series de puntos A, B y, por lo tanto, entre los dos bloques adyacentes 404, 406. El sistema analiza el patrón para detectar cuatro cuadros adyacentes de colores alternativamente distintos que forman un cuadrado como se muestra en la figura 11A. La intersección de las líneas 408 entre los cuadros se cruza en un punto definido 402. Un método alternativo para detectar una esquina x en una imagen es a través del análisis del tensor de la estructura de la imagen como en el detector de esquina de Harris, que es bien conocido por los expertos en la técnica. En su realización más amplia, cada placa es cualquier subconjunto de un patrón identificable de forma única (inequívoca). También se contempla que las placas puedan superponerse con otras placas, y no es necesario que se formen como una serie de cuadrados, sino que pueden ser de formas extrañas.

30 En realizaciones con puntos definidos que no son esquinas x, se puede usar un algoritmo de detección alternativo, sensible al tipo particular de punto definido. Por ejemplo, si los puntos definidos incluyen centroides de características circulares, se pueden usar algoritmos tales como el Laplaciano de Gaussianos, Diferencia de Gaussianos o Determinante de Hessianos.

35 Como se ha explicado más arriba, cuando las cuatro placas 400 están dispuestas como se muestra en la figura 11, cada placa de seguimiento 400 incluye un mínimo de trece puntos definidos 402. El sistema incluye una tabla de búsqueda o datos almacenados en una pluralidad de patrones, incluyendo el tamaño y la disposición (por ejemplo, posición) de cuadros y puntos definidos en los distintos patrones. El sistema también incluye una transformación (matriz de transformación) para convertir los datos del patrón en un sistema de coordenadas objetivo. Preferiblemente, la transformada es una transformada de cuerpo rígido o una transformación afín 3D que incluye rotación 3D, traslación, escalado y sesgo. Se contempla que la transformada puede incluir deformaciones no lineales para conformar la disposición a una superficie no plana.

40 Más específicamente, en una realización, cada placa tiene las siguientes características: (i) contiene una cuadrícula cuadrada de dos (o más) colores distintos (preferiblemente blanco y negro), (ii) los puntos definidos aparecen solo en las posiciones de la cuadrícula (intersecciones), y (iii) están impresos en una superficie plana, lo que significa que bajo una imagen en perspectiva (es decir, cuando se observa en una orientación arbitraria por una cámara que graba una imagen), la placa aparece deformada por una transformación localmente afín (lo que significa que la placa cuadrada impresa aparecerá estirada e sesgada en forma de rombo en la imagen).

50 En el caso de que se use una placa plana (es decir, una placa en la que las cuadrículas se imprimen sobre una superficie plana), tal como la disposición de placas patrón en la figura 3, cada punto definido es analizado por el sistema de la siguiente manera:

a. Se localizan puntos definidos adyacentes. Más específicamente, en una realización, los puntos definidos adyacentes pueden ser un vecino cercano simple (basado en la distancia euclidiana) al punto definido. En otra realización, la distancia del vecino puede ser reemplazada por la distancia a lo largo de un borde de alto contraste. Se contemplan muchas otras funciones de distancia.

55 b. Usando el punto definido que se está analizando y los puntos definidos adyacentes, se determina un par de vectores base entre el punto definido y dos de sus puntos definidos adyacentes,

c. Los vectores de base se utilizan entonces para calcular una transformada afín rectificadora que transformará un parche de imagen romboédrica en un parche de imagen cuadrado, tres de cuyas esquinas son el punto definido y

sus dos puntos definidos adyacentes (es decir, una transformación para convertir las localizaciones del punto definido detectado en la imagen en la cuadrícula cuadrada utilizada en una placa impresa plana).

5 d. El sistema utiliza a continuación la transformada afín, asumiendo que los tres puntos definidos detectados se encuentran en la esquina y los bordes de una placa, para predecir dónde estará cada posición de la cuadrícula en la imagen (esencialmente creando una superposición en la imagen de la cuadrícula sesgada de acuerdo con la transformada afín).

10 e. La imagen se analiza en cada posición de cuadrícula predicha para calcular un descriptor. Un descriptor describe una región local. En una implementación, es una matriz de 9x9 que representa una placa, en la que cada elemento de la matriz es un tipo de esquina x. El tipo de esquina x aplicado a un sistema de coordenadas 2D local, es decir, los vectores de base definen un sistema de coordenadas locales que permite la definición de "derecha" y "arriba". En este sistema de coordenadas, si el parche de imagen en la porción superior izquierda es brillante (y la porción superior derecha es oscura), la esquina x está orientada hacia la izquierda, si aparece el patrón opuesto, está orientada hacia la derecha. De esta manera, cada elemento de la matriz está Orientado hacia la Izquierda, Orientado hacia la Derecha o no se ha detectado una esquina x.

15 f. A continuación se calcula una puntuación respecto a lo ajustadamente que el descriptor coincide con un esquema de codificación almacenado. En la presente invención, las esquinas x se pueden detectar en partes de la escena que no están dentro del patrón. Del mismo modo, muchas combinaciones elegidas de tres puntos definidos adyacentes de hecho pueden no corresponder a la esquina y los bordes de la placa. Con el fin de analizar estas falsas detecciones, es necesario verificar que la estructura de la esquina x sea coherente con las relaciones internas definidas por el esquema de codificación elegido. En la implementación preferida, hay relaciones definidas entre
20 las esquinas x en varias posiciones de la cuadrícula (por ejemplo, cada placa tiene cuatro marcadores de registro R en localizaciones conocidas (es decir, los puntos en los que se garantiza que las esquinas x se producen debido al esquema de codificación elegido), todas tienen las mismas orientaciones que cada una de las cuatro esquinas de la placa), que facilitan la prueba de la hipótesis de que las tres características están en una esquina de la placa y 2 bordes de placa adyacentes, respectivamente. Un marcador de registro es una porción de la placa que es constante sin importar cuál sea la identidad codificada de la placa único. Por lo tanto, hay relaciones predefinidas entre los elementos de la matriz de descriptores de 9x9. Por ejemplo, en una implementación, las esquinas de las placas (elementos [0,0]; [8,0]; [0,8]; [8,8] y los marcadores de registro (elementos [2,2]; [6,2]; [2,6]; [6,6]) son todas las esquinas x con el mismo tipo de esquina x (orientado a la izquierda u orientado a la derecha). Los descriptores
25 cuya estructura es inconsistente con estas relaciones predefinidas son rechazados.

30 g. Una vez que el sistema verifica que las relaciones conocidas están presentes, puede decodificar los datos codificados para determinar la identidad de la placa observada.

35 En el caso en el que las placas no se forman planas, sino que, por el contrario, están definidas o formadas en una superficie no plana, por ejemplo, los patrones se forman sobre un cilindro (figura 1) o un cono de taladrado (figura 7), el proceso anterior de asumir que la cuadrícula completa de la placa está deformada por una transformación afín ya no es aplicable. Por el contrario, el sistema asume que la placa solo es afín a nivel local dentro de una sub-región pequeña de la placa, y varía desde allí de manera suave. Los pasos (b) - (d) anteriores se modifican para predecir solo las posiciones de cuadrícula cercanas, es decir, las posiciones de cuadrícula que están cerca de una posición de cuadrícula en la que una agrupación de esquinas x ya se ha situado de manera positiva. En una realización, la cuadrícula cercana está dentro de dos unidades de cuadrícula (usando la distancia L-infinita) de una esquina x localizada. En este punto, el sistema asume que el patrón varía lo suficiente como para que el supuesto afín sea válido al atravesar la cuadrícula con solo pequeñas correcciones en la base afín en la trayectoria. Por lo tanto, el sistema puede procesar las placas planas de la misma manera que las placas que tienen curvatura, atravesando la cuadrícula y corrigiendo la base afín a lo largo del camino. En las placas planas, las correcciones serán efectivamente cero.
40 Los vectores de base se calculan sobre cada subconjunto de puntos definidos detectados con el fin de corregir las desviaciones de un supuesto puramente afín.

45 Una vez que se ha calculado un conjunto de descriptores para una imagen que se está analizando, cada descriptor se compara con una biblioteca de descriptores que están almacenados en el sistema y se asocia con una placa específica. Por ejemplo, como se ha explicado más arriba, la matriz puede incluir para cada elemento, -1 para la esquina x orientada a la izquierda, 0 para ninguna esquina x, 1 para la esquina x orientada a la derecha. En una realización, puesto que cada descriptor puede asociarse con varias placas únicas potenciales, se calcula una puntuación entre cada descriptor detectado y cada descriptor de biblioteca, y se almacenan las coincidencias de la biblioteca con la puntuación más alta para cada descriptor detectado. Las puntuaciones más altas pueden procesarse aún más para determinar la placa mediante el uso de información relevante adicional, por ejemplo, donde deben localizarse ciertos puntos.
50

55 En una realización, el sistema incluye o tiene acceso a una base de datos de modelos de patrones de seguimiento formados a partir de una o más placas. La presente invención contempla que los modelos puedan caer en dos disposiciones distintas de modelos. En la primera disposición, todos los modelos almacenados tienen un subconjunto único de placas en el que no se repiten placas entre los modelos. En este caso, el conocimiento de una sola placa determina qué modelo se está utilizando. Cada modelo es único, por lo que no hay replicación de la disposición de
60

las placas entre los modelos. De esta manera, la identificación de la placa postula una postura de modelo. Es decir, cada modelo de la biblioteca de modelos contiene un conjunto de placas que son miembros del modelo.

5 En una segunda disposición de modelos, un número de modelos compartirían las mismas placas, pero en diferentes disposiciones. De esta manera, el sistema debe generar una hipótesis para cada modelo del cual la placa detectada es un miembro. En este caso, la detección de dos o más placas ayudaría a probar la corrección del modelo. En cualquiera de las disposiciones, puesto que el ruido y otros factores podrían afectar la detección de las esquinas x , el modelo particular debe ser analizado (probado) más a fondo como se explica a continuación para confirmar el modelo.

10 Para cada placa en un modelo, la base de datos incluye las posiciones del modelo 3D para cada punto de la cuadrícula en la que deben aparecer los puntos definidos. La identificación de la placa o placas en la imagen permite al sistema seleccionar el modelo que se aplica a la imagen observada, y permite determinar una correspondencia entre al menos las cuatro esquinas de placas en las coordenadas de la imagen y las cuatro posiciones de modelos 3D de las esquinas de las placas. Por medio de un proceso convencional de estimación de postura 3D, el sistema estima una transformación de cuerpo rígido que define la relación espacial del modelo en un sistema de coordenadas centrado en la cámara a partir de estas al menos cuatro correspondencias.

15 A continuación, el sistema aplica preferiblemente las placas restantes en el modelo seleccionado sobre la imagen utilizando la transformada de cuerpo rígido estimada. Estas placas adicionales se comparan con las hipótesis de identificación de placas, y se agrega un recuento del número de hipótesis coherentes con una combinación dada de modelo y transformación de cuerpo rígido. Solo un modelo con un número de placas identificadas positivamente que exceda algún umbral, por ejemplo, tres placas correctamente identificadas, se consideraría como modelo adecuado.

20 Una vez que cada cámara llega al final de este paso de procesamiento, se sabe qué puntos definidos por la imagen (y, en consecuencia, qué posiciones de imágenes 2D) corresponden a qué puntos definidos por el modelo (y, en consecuencia, qué posiciones de modelos 3D). Una vez que ambas cámaras han determinado estas correspondencias, la determinación de las correspondencias de las características estéreo es cuestión de hacer coincidir las características de la imagen que corresponden a los puntos definidos por el modelo común. Esto se puede lograr utilizando técnicas conocidas. No es necesario aplicar restricciones epipolares o recortar el conjunto resultante de correspondencias. Esto se debe a que los puntos definidos se identifican positivamente con un potencial limitado para la identificación falsa de un modelo y no con correspondencias falsas.

25 Como se ha descrito más arriba, al usar la transformación, el sistema puede identificar de manera única el modelo basado en los puntos 402 definidos en los patrones de seguimiento 210, 308. Una vez que se ha realizado, la reconstrucción estéreo se realiza triangulando el par correspondiente de puntos definidos de la imagen usando técnicas conocidas. Esto se muestra en los pasos 1100, 1110, 1120 en la figura 13. Sin embargo, solo las correspondencias de imágenes que se sabe que son buenas se pasan como entrada, y la asociación entre los puntos 3D reconstruidos (en coordenadas de seguimiento estéreo) y los puntos del modelo 3D se pasan a través de este paso. El resultado de la coincidencia de búsqueda (paso 1110) proporciona una asociación 1: 1 entre un conjunto de posiciones de píxeles en la imagen de la izquierda y un conjunto de píxeles en la imagen de la derecha. Por medio de las técnicas de triangulación estándar que utilizan la disposición conocida de las dos cámaras, cada par de posiciones de píxeles izquierda/derecha se triangula para generar una estimación de la posición 3D de esa característica en la escena. Cada una de estas coordenadas 3D se determina en un sistema de coordenadas fijado al sistema de seguimiento estéreo (por ejemplo, la posición de la cámara izquierda o derecha, o el centro entre las cámaras, puede ser usado para definir el origen y los ejes del sistema de coordenadas). En contraste, los puntos del modelo 3D se definen en un sistema de coordenadas centrado en el modelo (por ejemplo, el eje del cono es el eje z , el centro del extremo pequeño es $(0,0,0)$). La orientación absoluta determina la transformación entre estos dos sistemas de coordenadas (centrado en el seguidor y centrado en el modelo).

35 Una vez que se conocen al menos tres correspondencias entre puntos seguidores 3D específicos (es decir, puntos en el sistema de coordenadas centrado en el seguidor) y puntos específicos del modelo 3D (es decir, puntos en el sistema de coordenadas centrado en el modelo) (paso 1130), se utilizan los procesos convencionales de orientación absoluta (paso 1140) para determinar la transformación de cuerpo rígido que relaciona el sistema de coordenadas del seguidor con el sistema de coordenadas del modelo, determinando así la posición espacial y la orientación del modelo en las coordenadas del seguidor (paso 1150). De esta manera, la posición de la placa 400 y los patrones de seguimiento 210, 308 están vinculados al modelo. A continuación, el sistema utiliza los datos para representar el movimiento real del dispositivo oral y el dispositivo de la herramienta como movimiento de los modelos asociados en relación con la representación escaneada del área de interés (por ejemplo, la imagen escaneada anterior de la cavidad oral).

40 Los procesos para formar el dispositivo oral 12, para escanear la posición de referencia en el dispositivo 12 y para registrar la imagen escaneada anterior en la imagen de video real se describen detalladamente en la Solicitud de Patente norteamericana número. 14/209.500. Una vez que se forma el dispositivo oral 12, el conjunto de soporte 100 se une a las pestañas 28, 30 en el dispositivo oral 12 y al conjunto de seguimiento del dispositivo 200. El dispositivo oral 12 se une a los dientes apropiados del paciente.

5 Con referencia a la figura 14, para determinar la posición del dispositivo oral 12 en el paciente y la herramienta quirúrgica 302, la presente invención utiliza dos cámaras externas 800 montadas en una posición para visualizar el patrón de seguimiento del dispositivo 210 y el patrón de seguimiento de la herramienta 308 y detectar los puntos definidos como se ha descrito más arriba. Los datos de las cámaras 800 se transmiten a un procesador 810 que realiza parte o la totalidad del procesamiento que se ha descrito más arriba y se ilustra en la figura 13. A partir de ese punto, el sistema determina la posición (postura) de los patrones de seguimiento y su movimiento dentro de un sistema de coordenadas predeterminado. El sistema utiliza la posición de los marcadores de referencia en el dispositivo oral 12 de la imagen escaneada y su relación con el conjunto de seguimiento de dispositivo 200 para determinar el movimiento del paciente y la posición del conjunto de dispositivo de herramienta 300 en relación con el dispositivo oral 12, y a continuación, para calcular la posición de la punta de la herramienta en relación con el sitio de operación.

15 La presente invención proporciona ventajas significativas sobre los sistemas de seguimiento estéreo existentes más arriba. En primer lugar, la presente invención implementa preferiblemente un número significativo de pasos computacionalmente costosos en cada cámara independientemente de las otras cámaras y el sistema de procesamiento principal. Esto permite un escalado más fácil del sistema, especialmente a medida que el número de cámaras en el sistema crece por encima de dos. En un sistema de seguimiento estéreo convencional, el requisito de correspondencia de características crecería en función de $O(Nc^2)$ en el que Nc es el número de cámaras utilizadas en un sistema de seguimiento estéreo estándar.

20 Se contempla que el procesamiento podría llevarse a cabo en un procesador en la cámara y la programación y los datos podrían integrarse en la memoria asociada con el procesador.

Estas cámaras podrían estar situadas de forma remota en una red distribuida. La anchura de banda de comunicación resultante sería una pequeña fracción del paso de las propias imágenes, o incluso el conjunto de puntos de características por imagen que se requieren en los sistemas convencionales.

25 La rica naturaleza de las placas identificadas hace que la identificación falsa de un modelo sea extremadamente remota, mientras que un número significativo de características detectadas en objetos que no son modelos en el caso de seguimiento estéreo estándar puede dar lugar a muchas identificaciones de modelos espurias.

30 Aunque la descripción anterior se refiere al término "placa" como una unidad identificable de forma única, que puede disponerse para formar un patrón óptico, el término no se limita a la noción convencional de "plaqueado" de tales unidades como apoyo y no solapamiento. La solicitud de tramitación junto con la presente, número de serie 14/209.500 detalla un esquema de codificación intercalada en el que varias placas se superponen y ocupan la misma porción de un patrón para mejorar la detección a dos escalas. Se contempla que incluso en un patrón de placa convencional, la disposición de las placas únicas se puede elegir de modo que cada unión de 4 placas forme otra placa única a partir de la combinación de porciones de las placas que están más cerca de la unión, de tal manera que cada parche en el patrón es un miembro de 2 o más placas. Un plaqueado de este tipo tendría la ventaja de que cuando se ocultan partes del patrón de la vista, debería verse un mayor número de placas completas para ayudar a la identificación del modelo. Mientras que la descripción anterior detalla los límites de placa con esquinas de 90 grados, se contempla además que los límites de placa pueden contener polilíneas arbitrarias o segmentos redondeados. El esquema de codificación a dos escalas en la Solicitud en tramitación junto con la presente, número de serie.14/209.500 incluye una combinación de placas cuadradas y placas complejas que tienen orificios.

40 Los cálculos y las técnicas de programación utilizadas para realizar el seguimiento y determinar los movimientos de los diversos componentes son bien conocidos y, por lo tanto, no es necesaria más información.

45 Las realizaciones anteriores están basadas en la suposición de que el paciente tiene suficientes dientes para montar el dispositivo oral 12 y el conjunto de seguimiento del dispositivo 200. Sin embargo, si la condición de la boca del paciente impide la unión de uno o ambos dispositivos orales 12 y el conjunto de seguimiento del dispositivo 200, la presente invención prevé que cualquiera de los componentes pueda montarse directamente en el hueso de la mandíbula del paciente.

50 Aunque la descripción anterior se refiere a una herramienta o instrumento quirúrgico que incluye un taladro, el término "instrumento quirúrgico" o "herramienta quirúrgica" está destinado a cubrir otras herramientas utilizadas durante los procedimientos intraorales, tales como las herramientas de ablación para la ablación de tejidos, incluidos los terceros molares en los niños.

55 El sistema o sistemas que se han descrito en la presente memoria descriptiva pueden implementarse en cualquier forma de ordenador u ordenadores y los componentes pueden implementarse como aplicaciones dedicadas o en arquitecturas cliente - servidor, incluida una arquitectura basada en web, y pueden incluir programas funcionales, códigos y segmentos de código. El sistema de la presente invención puede incluir un programa de software almacenado en un ordenador y/o dispositivo de almacenamiento (por ejemplo, medios) y/o puede ser ejecutado a través de una red. El método puede implementarse a través de un código de programa o módulos de programa almacenados en un medio de almacenamiento.

Con el fin de promover una comprensión de los principios de la invención, se ha hecho referencia a las realizaciones preferidas que se ilustran en los dibujos, y se ha utilizado un lenguaje específico para describir estas realizaciones. Sin embargo, no se pretende ninguna limitación del alcance de la invención mediante este lenguaje específico, y se debe interpretar que la invención abarca todas las realizaciones que normalmente se le ocurriría a un experto en la técnica.

Las realizaciones en la presente memoria descriptiva pueden describirse en términos de varios pasos de procesamiento. Tales pasos de procesamiento pueden realizarse mediante cualquier número de componentes de hardware y/o software que realizan las funciones especificadas. Por ejemplo, las realizaciones descritas pueden emplear diversos componentes de circuitos integrados, por ejemplo, elementos de memoria, elementos de procesamiento, elementos lógicos, tablas de consulta y similares, que pueden realizar una variedad de funciones bajo el control de uno o más microprocesadores u otros dispositivos de control. De manera similar, cuando los elementos de las realizaciones descritas se implementan utilizando programación de software o elementos de software, la invención se puede implementar con cualquier lenguaje de programación o de secuencias de comandos tales como C, C ++, Java, ensamblador o similares, con los diversos algoritmos implementados con cualquier combinación de estructuras de datos, objetos, procesos, rutinas u otros elementos de programación. Los aspectos funcionales pueden implementarse en algoritmos que se ejecutan en uno o más procesadores. Además, las realizaciones de la invención podrían emplear cualquier número de técnicas convencionales para configuración electrónica, procesamiento y/o control de señales, procesamiento de datos y similares. Las palabras "mecanismo" y "elemento" se usan ampliamente y no se limitan a realizaciones mecánicas o físicas, sino que pueden incluir rutinas de software en conjunto con procesadores, etc.

Las implementaciones particulares que se muestran y se describen en la presente memoria descriptiva son ejemplos ilustrativos de la invención y no pretenden limitar de ninguna otra manera el alcance de la invención. En aras de la brevedad, la electrónica convencional, los sistemas de control, el desarrollo de software y otros aspectos funcionales de los sistemas (y los componentes de los componentes operativos individuales de los sistemas) pueden no haber sido descritos en detalle.

Finalmente, los pasos de todos los métodos descritos en la presente memoria descriptiva se pueden realizar en cualquier orden adecuado, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria descriptiva o que el contexto lo contradiga claramente. El uso de cualquiera y todos los ejemplos, o lenguaje ejemplar (por ejemplo, "tal como") proporcionado en la presente memoria descriptiva, está destinado simplemente a iluminar mejor la invención y no plantea una limitación en el alcance de la invención a menos que se indique lo contrario. Numerosas modificaciones y adaptaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en esta técnica sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de guiado por imagen (10) para realizar el seguimiento de un instrumento quirúrgico durante la cirugía oral, que comprende:
- 5 un dispositivo (12) configurado para ser unido de manera desmontable a uno o más dientes en la boca de un paciente en una posición cerca de un área quirúrgica;
- un primer conjunto de seguimiento (200) que incluye un conjunto de soporte (100) unido de manera desmontable al dispositivo (12) y una primera superficie de patrón de seguimiento (208), incluyendo la primera superficie de patrón de seguimiento (208) un primer patrón visible ópticamente, posicionando el conjunto de soporte (100) al primer patrón de seguimiento en una posición separada del área quirúrgica;
- 10 una herramienta (302) para uso en el procedimiento quirúrgico;
- un segundo conjunto de seguimiento (300) que incluye una segunda superficie de patrón de seguimiento (306) montada en la herramienta (302), incluyendo la segunda superficie de patrón de seguimiento (306) un segundo patrón visible ópticamente;
- 15 una pluralidad de cámaras (800) montadas separadas del área quirúrgica en una posición que permite a las cámaras (800), cuando están activadas, capturar imágenes de los patrones ópticamente visibles en la primera y segunda superficies de patrón de seguimiento (208, 306);
- un conjunto de datos de referencia que incluye la posición y orientación del dispositivo (12) con respecto a una exploración del área quirúrgica; y
- 20 un sistema de procesamiento para procesar las imágenes capturadas y configurado para reconocer los patrones ópticamente visibles y triangular las posiciones y orientaciones de los conjuntos de seguimiento primero y segundo (200, 300), determinando el sistema de procesamiento la posición y la orientación de la herramienta a la que se ha realizado el seguimiento (302) basado en el conjunto de datos de referencia y analizando las transformaciones relativas entre cada cámara de los patrones ópticamente visibles en la primera y segunda superficies de patrones de seguimiento (208, 306),
- 25 caracterizado en que el dispositivo (12) incluye
- un soporte rígido (14) que incluye una base (16) y una pared interior (18) y una pared exterior (20) unidas enterizadamente y que se extienden hacia afuera desde la base (16), siendo la separación de las paredes interior y exterior (18, 20) más grande que la anchura de los dientes del paciente,
- 30 un material moldeable en una superficie inferior de la base (16) adaptado para ser asegurado a los dientes del paciente en un estado curado,
- una pluralidad de marcadores de referencia (80) montados en el soporte (14) para posicionarlos dentro de la boca del paciente, teniendo los marcadores de referencia (80) una radiodensidad diferente a la del dispositivo (12),
- al menos una pestaña (28) que se extiende hacia afuera desde la pared exterior (20); y
- 35 en el que el conjunto de soporte (100) incluye una montura de soporte (102) que está unida de manera retirable a la pestaña (28) en el dispositivo (12), una montura de seguimiento (106) que está unida a la primera superficie de patrón de seguimiento (208), y un brazo de soporte (104) que une la montura de soporte (102) a la montura de seguimiento (106).
2. Un sistema de guiado por imagen según la reivindicación 1, en el que la montura de soporte incluye dos postes de montaje separados que se aplican a la pestaña.
- 40 3. Un sistema de guiado por imagen según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la fijación de la montura de seguimiento a la primera superficie del patrón de seguimiento es ajustable.
4. Un sistema de guiado por imagen según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la montura de seguimiento incluye una base con una serie de indentaciones y salientes.
- 45 5. Un sistema de guiado por imagen según la reivindicación 4, en el que el primer conjunto de seguimiento incluye un bastidor con una unión a la montura de seguimiento, estando configurado el dispositivo para permitir que el bastidor sea ajustable con respecto al conjunto de soporte.
6. Un sistema de guiado por imagen de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el bastidor incluye una serie de indentaciones y salientes que están configurados para coincidir con las indentaciones y salientes en la montura de seguimiento para permitir que la orientación de rotación del bastidor de seguimiento con respecto a la base sea ajustable.
- 50

7. Un sistema de guiado por imagen según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada uno de los patrones ópticamente visibles contienen una pluralidad de formas de contraste 2D, estando dispuestas las formas de contraste para diferenciar de manera única cada patrón visible ópticamente del otro patrón visible ópticamente.
- 5 8. Un sistema de guiado por imagen de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada cámara está situada para capturar al menos una porción del patrón visible ópticamente en cada uno del primer y segundo patrón de seguimiento de manera que la imagen de cada patrón visible ópticamente capturado por la cámara se encuentra en un ángulo de visión diferente al de la imagen del mismo patrón visible ópticamente capturado por la (s) otra (s) cámara (s), estando configuradas las cámaras para enviar al procesador datos representativos de las
10 imágenes 2D de los patrones ópticamente visibles capturados por las cámaras.
9. Un sistema de guiado por imagen según la reivindicación 8, en el que el procesador incluye un conjunto de datos de patrones, que incluye datos de posición para contrastar formas en cada uno de los patrones en el conjunto de datos, y en el que el procesador está configurado para analizar el conjunto de datos de patrones para determinar cuál de los patrones en el conjunto de datos corresponde a cada uno de los patrones ópticamente visibles en las
15 imágenes 2D recibidas de las cámaras.
10. Un sistema de guiado por imagen de acuerdo con la reivindicación 9, en el que las formas de contraste incluyen cuadros adyacentes de distinto color, estando separado unos de los otros cada conjunto de cuadros adyacentes por una línea, y en el que un punto definido está formado por un punto central de dos líneas que se cruzan, y en el que el procesador determina la posición de los puntos definidos en el conjunto de datos de patrones y los patrones ópticamente visibles para determinar si un patrón dado del conjunto de datos de patrones corresponde a los patrones ópticamente visibles.
20
11. Un sistema de guiado por imagen según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el dispositivo está configurado para encajarse de manera retirable en uno o más dientes del paciente, y en el que la pestaña se extiende hacia afuera desde el lugar en el que se situaría el diente del paciente.

25

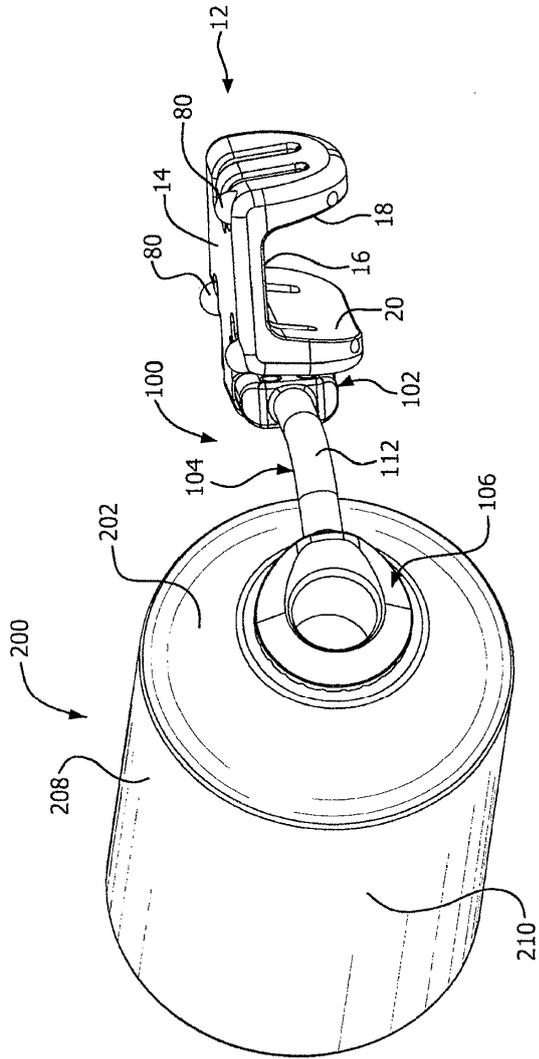


FIG. 1

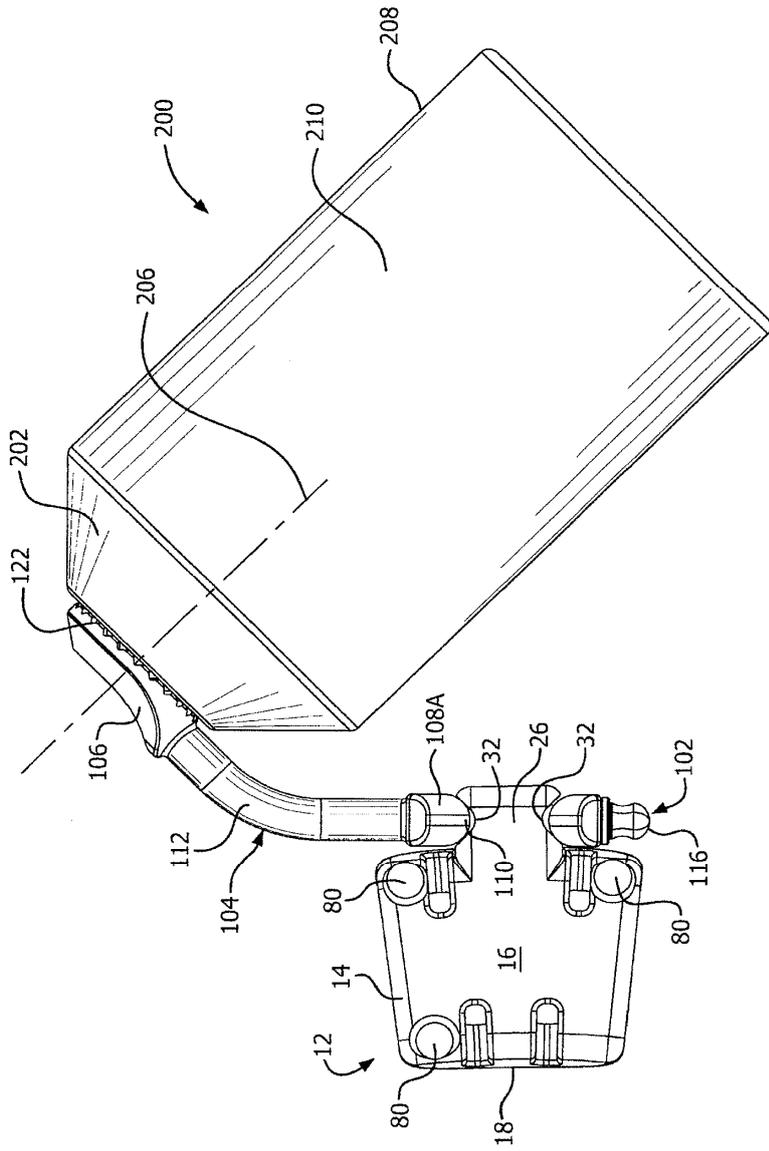


FIG. 2

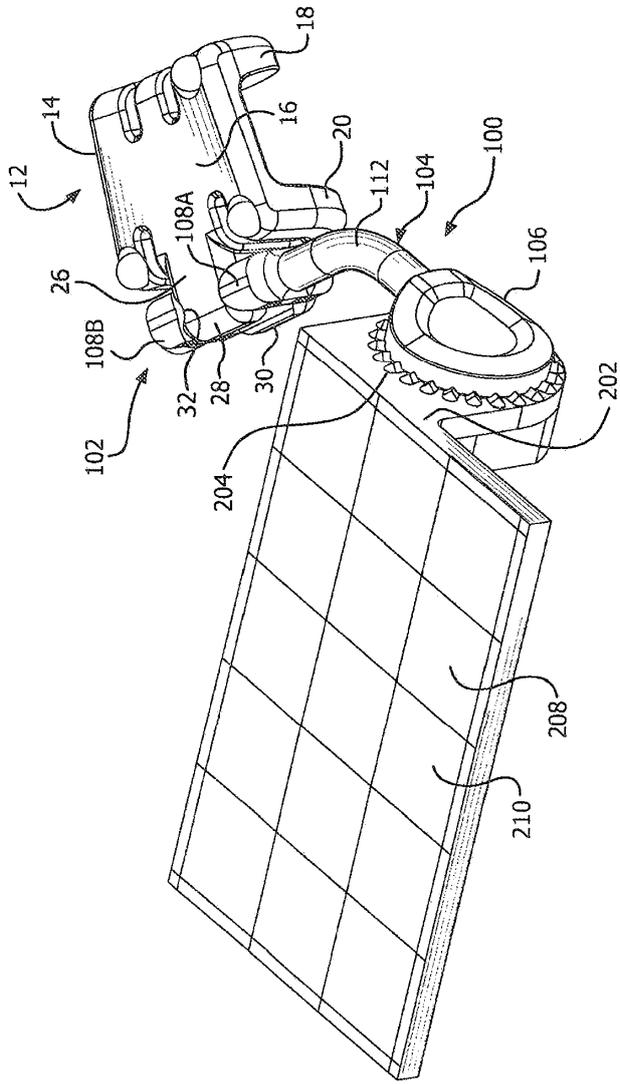


FIG. 3

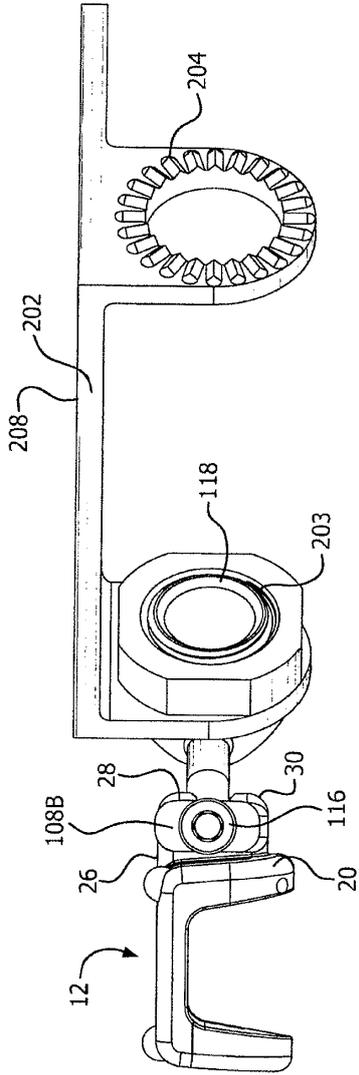


FIG. 4

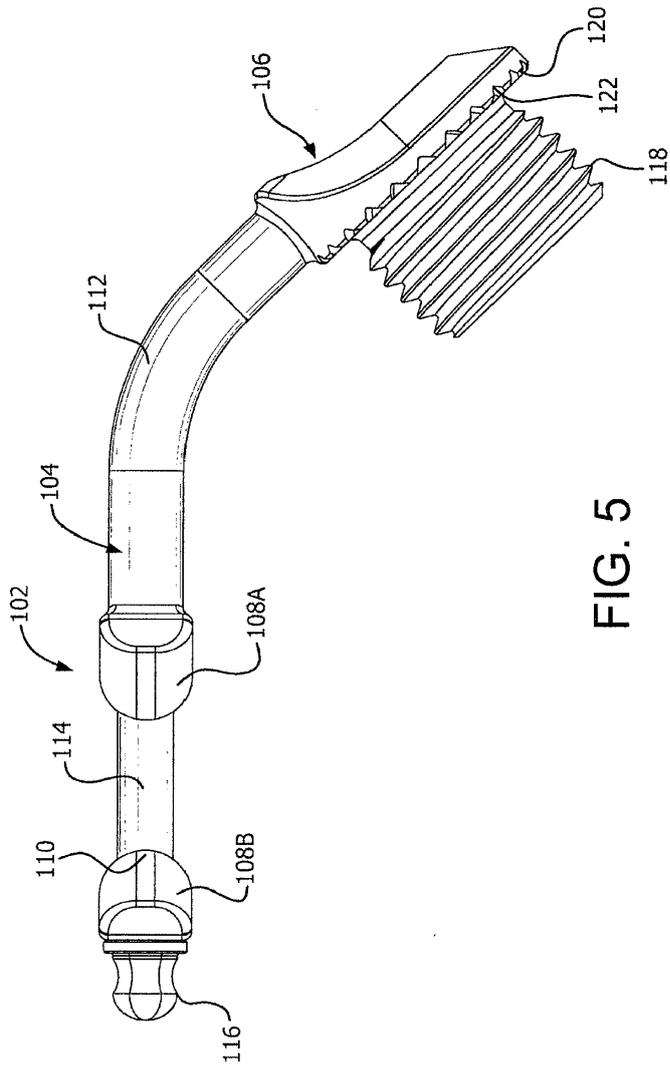


FIG. 5

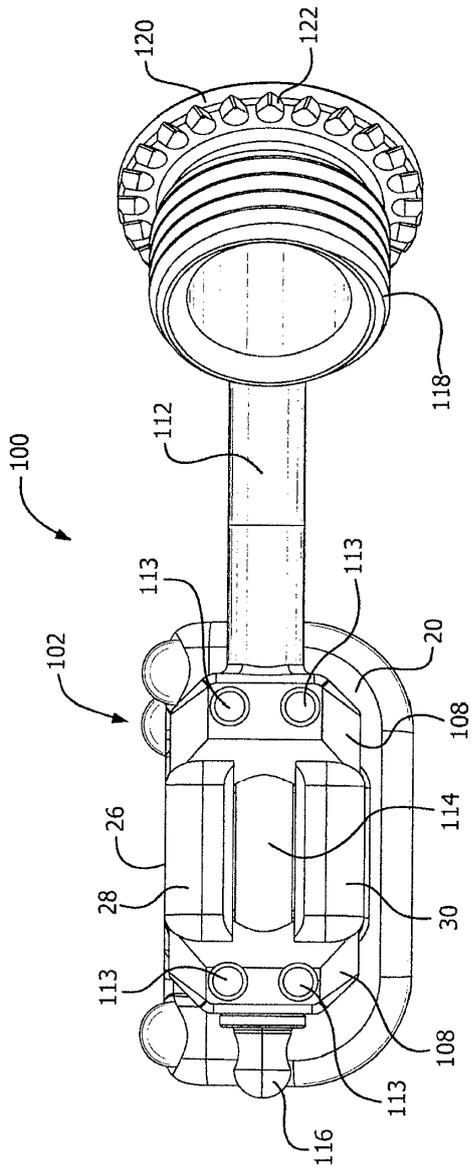


FIG. 6

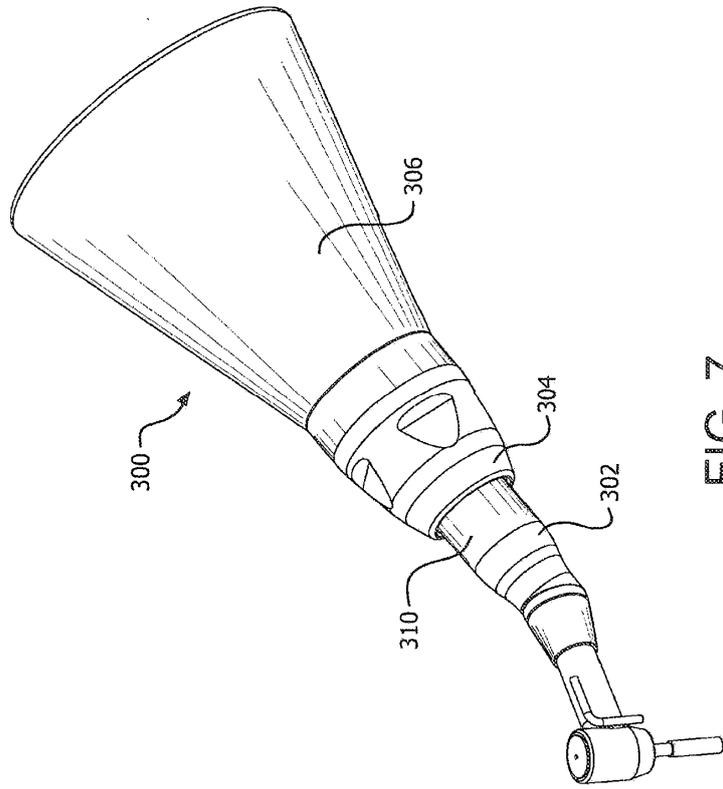


FIG. 7

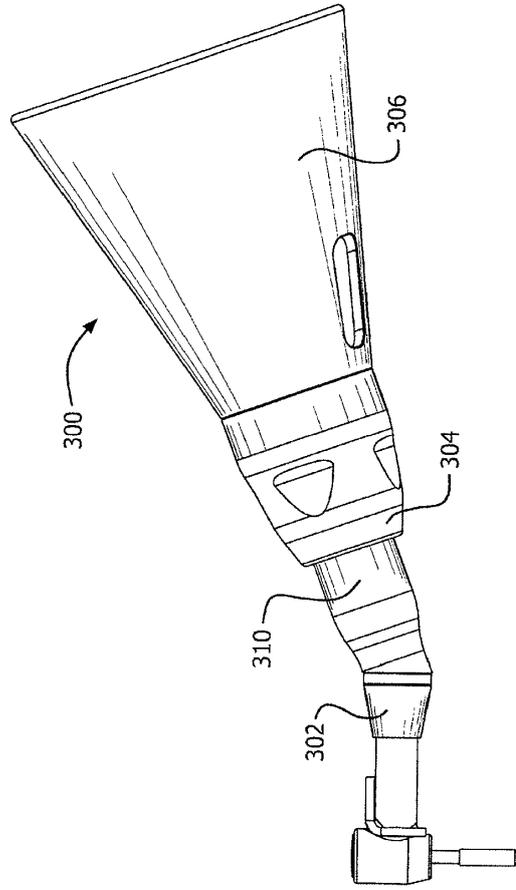


FIG. 8

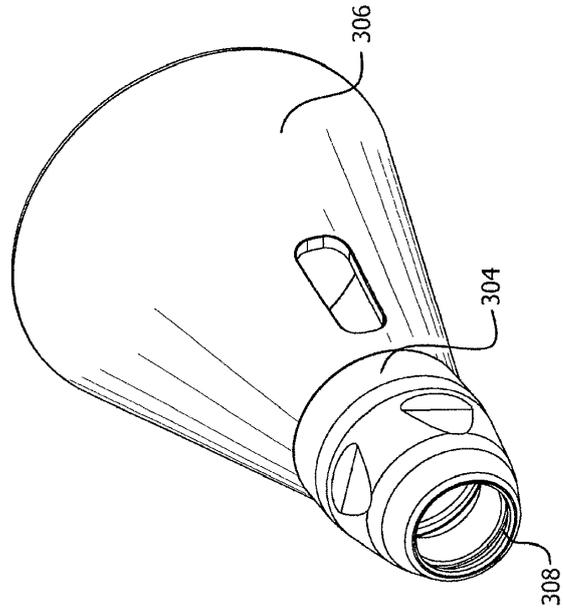
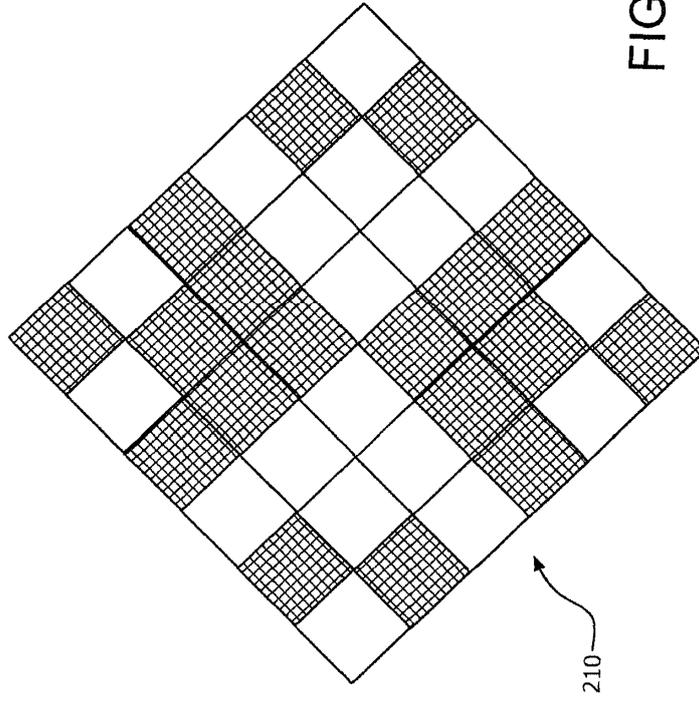


FIG. 9



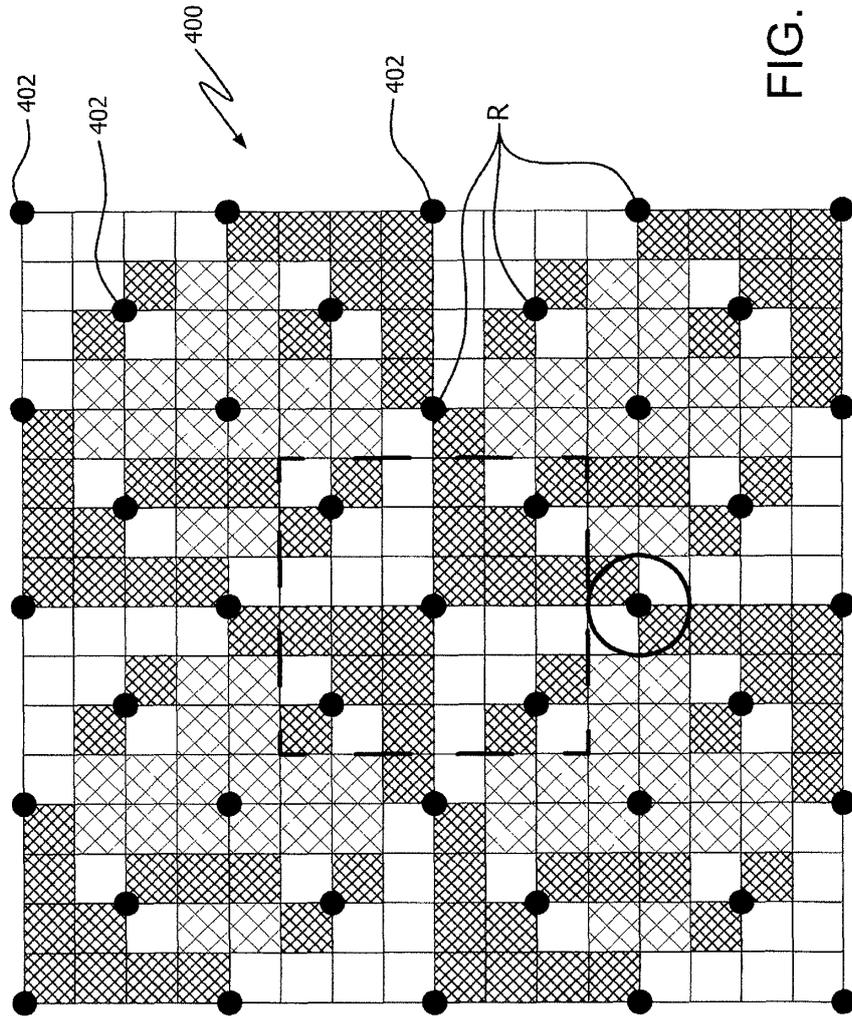


FIG. 11

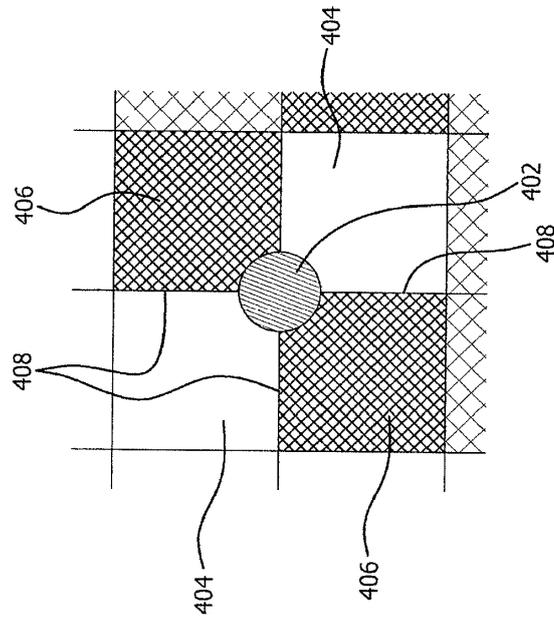


FIG. 11A

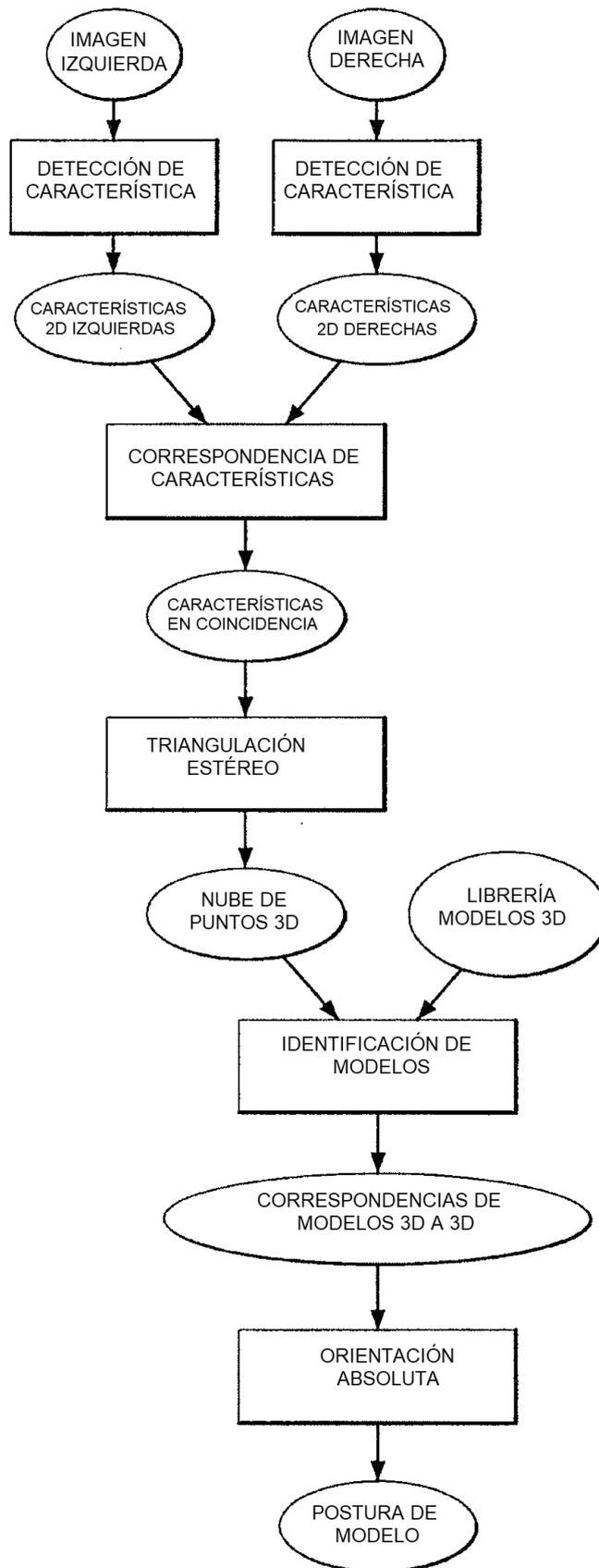


FIG. 12
(Técnica Anterior)

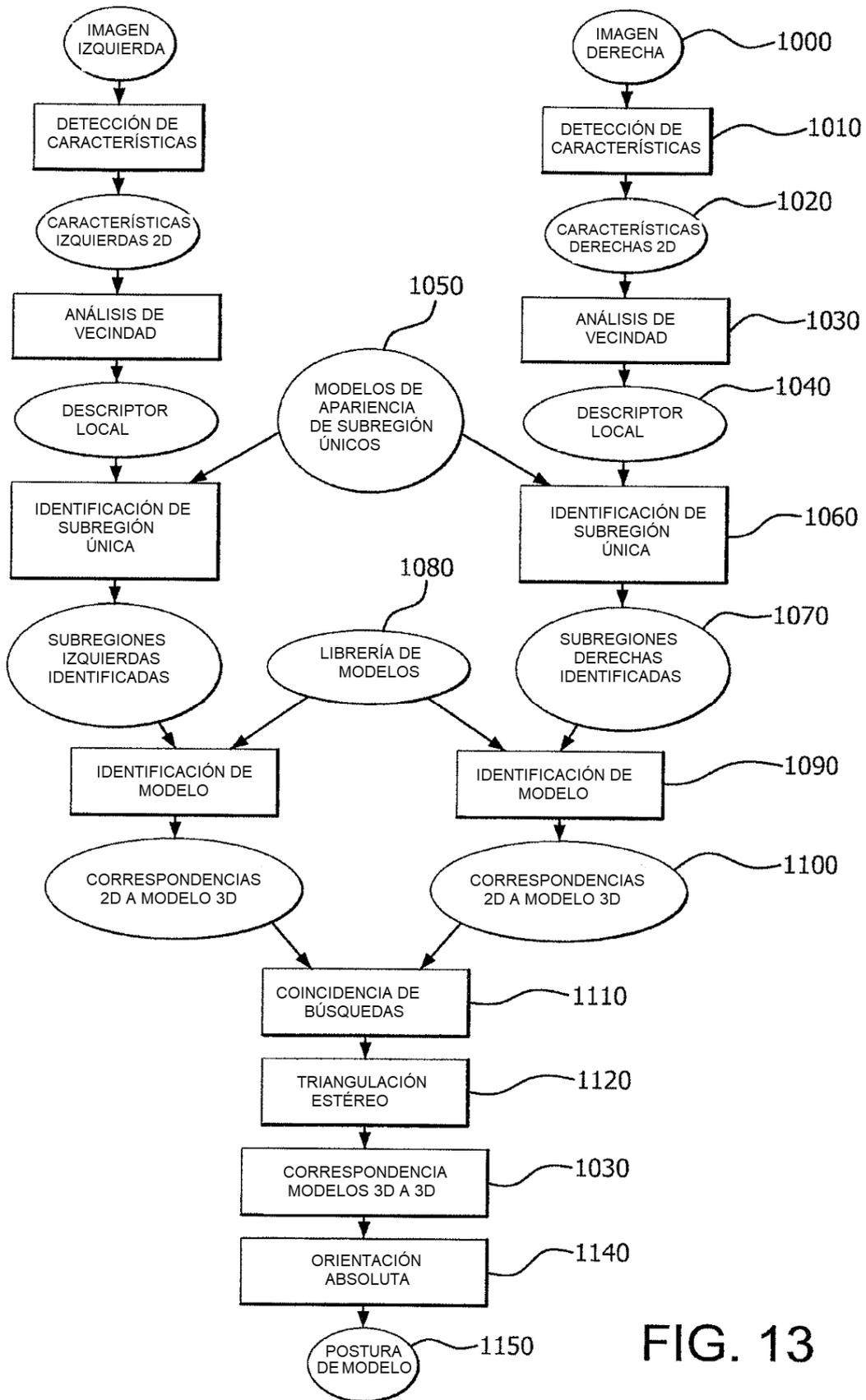


FIG. 13

