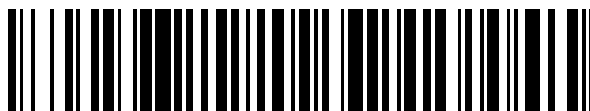


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 543**

51 Int. Cl.:

A61B 34/20 (2006.01)

A61B 90/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2016** E 16165812 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019** EP 3081184

54 Título: **Sistema y procedimiento para la navegación basada en imágenes fusionadas con la colocación de marcador tardío**

30 Prioridad:

17.04.2015 US 201514689849

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

02.07.2019

73 Titular/es:

**CLEAR GUIDE MEDICAL, INC. (100.0%)
3600 Clipper Mill Road Suite 400
Baltimore, Maryland 21211, US**

72 Inventor/es:

**EHSAN, BASAFA;
PEZHMAN, FOROUGH;
HAGER, GREGORY DONALD;
BOCTOR, EMAD MIKHAIL y
STOLKA, PHILIPP JAKOB**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 718 543 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 y procedimiento para la navegación basada en imágenes fusionadas con la colocación de marcador tardío

Antecedentes

1. Campo de la invención

- 5 El campo de las realizaciones reivindicadas con la presente invención se refiere a dispositivos de imágenes y, más particularmente, a dispositivos de imágenes con uno o más sensores para la observación y rastreo de un paciente y una o más herramientas.

2. Explicación de la técnica relacionada

- 10 En las intervenciones guiadas por imágenes, el rastreo y la localización de los dispositivos de imágenes y las herramientas médicas durante los procedimientos son primordiales y se consideran la principal tecnología instrumental en los sistemas de cirugía guiada por imágenes (IGS). La mayoría de las tecnologías de rastreo se pueden clasificar en los siguientes grupos: 1) rastreo mecánico, que incluye robots activos (por ejemplo, robot DaVinci) y brazos mecánicos codificados pasivos (p.ej., brazos mecánicos de Faro), 2) rastreo óptico, 3) rastreo acústico y 4) rastreo electromagnético (EM).

- 15 La ecografía es una modalidad de imagen útil para las intervenciones guiadas por imágenes, que incluyen procedimientos ablativos, biopsia, radioterapia y cirugía. En la bibliografía y en los laboratorios de investigación, la investigación de intervención guiada por ultrasonido se realiza integrando un sistema de rastreo (ya sea con procedimientos ópticos o EM) con un sistema de imágenes por ultrasonido (US) para, por ejemplo, rastrear y guiar las ablaciones del hígado, o en radioterapia de haz externo [E.M. Boctor, M. De Oliviera, M. Choti, R. Ghanem, R.H. Taylor, G. Hager, G. Fichtinger, "Ultrasound Monitoring of Tissue Ablation via Deformation Model and Shape Priors", International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, MICCAI 2006; H. Rivaz, I. Fleming, L. Assumpcao, G. Fichtinger, U. Hamper, M. Choti, G. Hager, and E. Boctor, "Ablation monitoring with elastography: 2D in-vivo and 3D ex-vivo studies", International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, MICCAI 2008; H. Rivaz, P. Foroughi, I. Fleming, R. Zellars, E. Boctor, and G. Hager, "Tracked Regularized Ultrasound Elastography for Targeting Breast Radiotherapy", Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI) 2009]. Los sistemas que existen en el mercado hoy en día pueden incluir la integración de un dispositivo de rastreo EM en un sistema de US montado en carro de alto desempeño. Los sensores EM pequeños pueden estar integrados en una sonda de ultrasonido y los sensores similares pueden estar unidos y fijados en la herramienta de intervención de interés.

- 30 Las limitaciones del enfoque actual tanto desde el punto de vista de la investigación como el comercial pueden atribuirse a las tecnologías de rastreo disponibles y a la viabilidad de integrar estos sistemas y utilizarlos en entornos clínicos. Por ejemplo, los rastreadores mecánicos se consideran soluciones costosas e intrusivas, es decir, requieren un gran espacio y limitan el movimiento del usuario. Por otro lado, el rastreo acústico no proporciona una precisión de navegación suficiente. Las tecnologías de rastreo óptico y de EM requieren configuraciones intrusivas con una cámara base (en el caso de procedimientos de rastreo óptico) o un transmisor de EM de referencia (en el caso de los procedimientos de EM). Además, los sensores ópticos de cuerpo rígido o EM deben estar conectados a un generador de imágenes y todas las herramientas necesarias, por lo que se requieren etapas de calibración y esterilización fuera de línea. Asimismo, ninguno de estos sistemas ayuda de forma nativa al registro de fusión multi-modalidad (por ejemplo, entre los planes de CT/IRM preoperatorios y la ecografía intraoperatoria) y tampoco contribuye a la visualización directa o aumentada. Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de mejores dispositivos combinados de creación de imágenes y registro para su uso en cirugía guiada por imágenes. En el documento Fr 2970638 se desvela un sistema y un procedimiento de guía de imágenes de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

45 La presente invención se desvela en el grupo de reivindicaciones adjuntas. Los aspectos de la invención pueden incluir sistemas, herramientas y procedimientos.

- 50 En algunas realizaciones de la invención, se puede proporcionar un sistema para la guía de imágenes médicas. El sistema puede incluir un sistema de procesamiento de imágenes, una o más cámaras, una pantalla y puede hacer uso de datos de imágenes secundarias y observaciones de características visibles en la superficie de un paciente y herramientas. En dicho sistema, la pantalla puede configurarse para desplegar imágenes mejoradas derivadas de datos de imágenes secundarias y observaciones y sobre la base de las posiciones relativas de uno o más entre las cámaras, la pantalla, el paciente y las herramientas según lo determine el sistema de procesamiento de imágenes haciendo el cómputo de los registros y la Información del rastreo entre datos de imagen secundaria, las cámaras, el paciente y las herramientas. Es posible utilizar diferentes combinaciones de marcadores presentes en datos de imágenes secundarias, marcadores unidos antes de la intervención médica y marcadores observados por las cámaras para hacer el cómputo secuencial de dichos registros e información de rastreo.

En otra realización más, se puede presentar un procedimiento para la guía de imágenes médica. El procedimiento puede incluir recibir, a través del sistema de procesamiento de imágenes, de una o más cámaras, observaciones de entrada que pueden incluir imágenes de uno o más pacientes, marcadores artificiales, características naturales y herramientas de intervención, en el que los marcadores pueden ser auto-identificables o marcadores multi-modalidad; computar, sobre la base de las observaciones, las posiciones relativas entre las entidades observadas actualmente y las observadas anteriormente; computar sobre la base de determinadas posiciones, registros entre entidades; y desplegar en pantalla imágenes mejoradas derivadas de uno o más datos de creación de imágenes en tiempo real, datos de imágenes secundarias y observaciones y, sobre la base de las posiciones relativas de la pantalla, el paciente y las herramientas según lo determine el sistema de procesamiento de imágenes. El procedimiento puede incluir además el cálculo, sobre la base de las observaciones, de las deformaciones relativas entre las características superficiales observadas en curso y previamente; cálculo, sobre la base de las deformaciones superficiales estimadas, deformaciones de los datos de la imagen secundaria; y desplegar en pantalla imágenes mejoradas derivadas de uno o más datos de imagen secundaria deformados y datos de imagen en tiempo real, según lo determine el sistema de procesamiento de imágenes.

Breve descripción de los dibujos

Otros objetivos y ventajas se pondrán de manifiesto al considerar la descripción, los dibujos y los ejemplos.

La Figura 1 muestra una realización de un sistema de formación de imágenes según una realización de la presente invención;

La Figura 2 muestra otra realización de un sistema de formación de imágenes que realiza funciones de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 3 muestra otra realización de un sistema de formación de imágenes según una realización de la presente invención;

La Figura 4 muestra otra realización de un sistema de formación de imágenes según una realización de la presente invención;

La Figura 5 muestra otra realización de un sistema de formación de imágenes que realiza funciones de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 6 muestra realizaciones de un componente marcador para un sistema de imágenes, y muestra componentes de imágenes que realizan funciones de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 7 muestra otra realización de un sistema de formación de imágenes que realiza funciones de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 8 muestra otra realización de un sistema de formación de imágenes que realiza funciones de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 9 representa un flujo de trabajo de registro de muestra de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 10 representa un flujo de trabajo de muestra de acuerdo con una realización de la presente invención; y la

La Figura 11 representa un sistema informático ilustrativo que puede utilizarse para implementar una realización ilustrativa de la presente invención.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente invención se explican en detalle a continuación. Al describir las realizaciones, se emplea terminología específica por razones de claridad. Sin embargo, no se pretende limitar la invención con la terminología específica así seleccionada. Las personas expertas en la materia pertinente reconocerán que pueden emplearse otros componentes equivalentes y se pueden desarrollar otros procedimientos sin alejarse por ello de los conceptos generales de la presente invención.

Algunas realizaciones de la presente invención adoptan la forma de "tecnología de plataforma" que permite IGI (intervenciones guiadas por imágenes). Esta tecnología supera simultáneamente las limitaciones del rastreo, el registro, la visualización y la orientación integrando técnicas relacionadas con la identificación de agujas y el rastreo mediante visión por ordenador; registro multi-modalidad con nuevas combinaciones de modalidades de imágenes ortogonales; y rastreo de dispositivos de imagen utilizando enfoques de detección local; entre otros. En la solicitud de patente estadounidense No. 13/511,101, titulada "Sistemas de navegación e intervención guiados por imágenes de bajo coste mediante el uso de conjuntos cooperativos de sensores locales", publicada como publicación de solicitud de patente estadounidense No. 2013/0016185 se pueden ver ejemplos de IGI.

La presente invención cubre una amplia gama de diferentes realizaciones que comparten un núcleo de componentes común, estrechamente integrado y procedimientos utilizados para imágenes generales, visión y detección local.

Algunas realizaciones de la presente invención están dirigidas a combinar un grupo de tecnologías complementarias para proporcionar un enfoque de detección local que puede permitir el rastreo de dispositivos de imágenes médicas, por ejemplo, con el potencial de reducir significativamente los errores y aumentar los resultados positivos del paciente. Este enfoque puede proporcionar una tecnología de plataforma para el rastreo de pantallas, sondas de ultrasonido u otros dispositivos de imagen, guía de intervención o visualización de información de acuerdo con

5 algunas realizaciones de la presente invención. Mediante la combinación de imágenes ópticas en tiempo real con algoritmos de análisis de imágenes y sensores ópticos inerciales independientes, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, es posible realizar un rastreo incremental del movimiento actual y así reconstruir la posición y la trayectoria de las pantallas, los pacientes, las agujas quirúrgicas y otras herramientas u objetos, pudiéndose registrar todos ellos en diferentes modalidades de imágenes sobre la base de los datos del rastreo.

Algunas realizaciones de la presente invención permiten la segmentación y el rastreo de superficies, marcadores, agujas y otras herramientas (utilizando modalidades de imagen y localización visuales, de ultrasonido y/u otras), permitiendo, por ejemplo, la integración en un sistema de intervención guiado por imágenes rastreo completo.

10 Algunas realizaciones de la presente invención permiten procedimientos de formación de imágenes con sensibilidad y especificidad mejoradas en comparación con el estado actual de la técnica. Esto puede abrir varios escenarios de aplicación posibles que anteriormente requerían rayos X/TC dañinos o IRM costosas, rastreo externo, configuraciones de hardware costosas, imprecisas, lentas o imprácticas o combinaciones de éstas y enfoques que simplemente adolecen de una inherente falta de precisión y garantía de éxito, tales como: biopsias, ablaciones de RF/HIFU, etc. La colocación de agujas de ultrasonido en 2D o 3D, braquiterapia, otras aplicaciones que se basan en imágenes de rastreo y herramientas de rastreo, o incluso intervenciones realizadas sin imágenes, como la colocación de agujas anestesiológicas para bloqueos nerviosos o epidurales.

15 Las realizaciones de la presente invención proporcionan varias ventajas con respecto a las tecnologías existentes, como, por ejemplo, combinaciones de: registro inmediato de US para TC/IRM (no es necesaria una tediosa adquisición de volúmenes de US para una demostración precisa de marcadores), registro inmediato de TC/IRM al paciente, rastreo a bajo costo de pacientes, herramientas y pantallas, menor necesidad de imágenes repetidas y visualización directa de instrumentos y objetivos en la anatomía del paciente. La invención permite soluciones locales, compactas y no intrusivas, es decir, sistemas de rastreo ideales para sistemas de ultrasonido portátiles y compactos, pero también para sistemas de TC, IRM, flúor o CBCT que se utilizan principalmente en salas de intervención y centros de atención clínica, así como para el rastreo general con aguja/herramienta en otras situaciones de intervención.

20 Por ejemplo, algunas realizaciones de la presente invención se refieren a dispositivos y procedimientos para el rastreo de sondas de ultrasonido, pantallas u otros dispositivos de imagen. Al combinar la creación de imágenes portátil con algoritmos de análisis de imágenes y cámaras montadas en la sonda, en la pantalla o por separado, es posible reconstruir la posición y la trayectoria de las herramientas (por ejemplo, herramientas quirúrgicas, agujas quirúrgicas, etc.), pacientes, pantallas, y otros objetos mediante el rastreo incremental de su movimiento en curso de acuerdo con una realización de la presente invención. Esto puede permitir varios escenarios de aplicación posibles, como la guía de aguja 3D basada en ultrasonido o la reproyección dinámica de datos de imágenes estáticas usando pantallas rastreadas que muestran DRR en tiempo real u otras visualizaciones que anteriormente requerían configuraciones de hardware caras, imprecisas o poco prácticas.

25 Los procedimientos de ecografía actuales utilizan sobre todo sondas de ultrasonido (US) 2D portátiles que devuelven cortes de imagen planas a través del volumen 3D escaneado (la "región de interés" (ROI)). Para las intervenciones percutáneas que requieren guía de la herramienta, la predicción de la trayectoria de la herramienta se basa a menudo en sensores de rastreo unidos al extremo distal (externo) de la herramienta y/o en la extrapolación mental de la trayectoria, basándose en la experiencia del operador. Un sistema integrado con imágenes en 3D, rastreo de herramientas, predicción de trayectoria de herramienta y guía de usuario interactiva sería altamente beneficioso.

30 Otros procedimientos actuales guiados por imágenes, como intervenciones guiadas por TC, intervenciones guiadas por IRM, colocaciones de agujas a base de flúor o intervenciones guiadas por CBCT intraoperatorias requieren la adquisición repetida de imágenes asociadas a una alta exposición a radiación, estrés del paciente, ergonomía o flujos de trabajo por debajo de lo óptimo y/o costes. Para las intervenciones percutáneas que requieren guía de la herramienta, la predicción de la trayectoria de la herramienta se basa regularmente en la obtención de imágenes intraoperatorias repetidas con las herramientas en su lugar y la "navegación por estima" por parte del operador sobre cómo reubicar las herramientas para lograr una colocación satisfactoria. Alternativamente, la trayectoria de la herramienta se puede computar en función de los sensores de rastreo conectados al extremo distal (externo) de la herramienta y el despliegue en pantalla soportado por el sistema de las rutas extrapoladas. Sin embargo, este enfoque requiere el laborioso registro antes explicado.

35 Las contribuciones de la presente invención se centran en mejoras en el flujo de trabajo de las intervenciones guiadas por imágenes, específicamente en relación con la aplicación simple y óptima de marcadores para establecer y mantener el registro con datos de imágenes secundarios; adquisición y reconstrucción en tiempo real de dichos marcadores y superficies del paciente; procedimientos de registro automático que utilizan dichos marcadores y superficies; procedimientos de interacción mínima que permiten al operador inicializar dichos registros; procedimientos de rastreo para creación de imágenes de sondas, herramientas, pacientes y pantallas; y procedimientos para la estimación de deformaciones inducidas por los objetos rastreados.

La invención propuesta puede integrar la detección óptica en tiempo real, mediante módulos de cámara con una o más cámaras, en sistemas de intervención guiados por imagen. La funcionalidad de estos módulos de cámara incluye la adquisición y el rastreo de marcadores y otras características de la superficie, herramientas de intervención y/o pantallas. Para todos estos tipos de objetos rastreados, la información de posición en tiempo real puede ser extraída por una unidad de procesamiento de imágenes y puede utilizarse para la generación de imágenes mejoradas combinando información de los datos de creación de imágenes en tiempo real (que pueden incluir una o más modalidades de imágenes distintas a la detección óptica, como ultrasonido, SPECT u otras), con información de los datos de imagen secundaria correspondientes sobre la base del emplazamiento de los módulos de la cámara en algunas realizaciones de la presente invención. Las cámaras pueden comprender combinaciones de uno o más entre: cámaras ópticas, cámaras de infrarrojo, cámaras sensibles a UV, sensores de campo de luz, cámaras plenópticas o cámaras catadiópticas.

La unidad de procesamiento de imágenes puede procesar todos los datos de imágenes entrantes, ya sean secundarios o en tiempo real, comunicándose con los sensores de imágenes en tiempo real y recibiendo datos secundarios. La información relevante para el rastreo se puede extraer por segmentación de estas entradas, ya incluya o no uno o más marcadores, características preexistentes o estructuras de superficie. La unidad también puede utilizar los datos de creación de imágenes en tiempo real para realizar un rastreo de las herramientas de intervención. En algunas realizaciones de la presente invención, la unidad puede ser responsable adicionalmente del registro entre los conjuntos de datos de imagen de entrada, y para computar imágenes mejoradas a partir de las combinaciones resultantes de conjuntos de datos de imagen e información de rastreo. Algunas de las funciones de procesamiento de imágenes, como los cómputos, el almacenamiento o las comunicaciones, pueden realizarse por sistemas separados dependiendo de la realización de la presente invención, ya estén conectados o no por cable o inalámbricamente a la unidad, se estén comunicando a través de una red de área local o se distribuyan a través de una red (por ejemplo, como servidores remotos o como "servicios en la nube"). De lo contrario, dichas funciones también pueden integrarse en un ordenador todo en uno o en un factor de forma de tableta.

Las cámaras pueden servir como la principal modalidad de entrada para permitir el rastreo, las herramientas de observación y el paciente (en conjunto, llamados "objetos" en esta sección) directamente. Sin embargo, los objetos no modificados pueden no presentar características suficientes para permitir el éxito de un registro inicial y un rastreo continuo preciso, especialmente sin suposiciones adicionales p.ej. sobre la curvatura de la superficie o la textura natural, la iluminación externa, prevención de oclusión, etc. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema en estas circunstancias, es posible introducir marcadores adicionales en el entorno. Dependiendo de la realización de la presente invención, estos marcadores pueden incluir uno o más de los siguientes tipos: marcadores adhesivos con características de identificación propia (por ejemplo, códigos de barras, códigos QR o AprilTags), etiquetas multi-modalidad (visibles en las primeras modalidades de imagen como, por ejemplo, cámaras ópticas, y visibles en modalidades de imagen secundarias como TC, IRM, flúor, PET/SPCT etc.), marcadores en forma de cintas rígidas o flexibles con diseño que se pueden adherir a los objetos y proporcionar capacidades de localización perpendicular limitada y principalmente lineal, láminas con diseños (como cobertores y cubiertas), telas con diseños (como ropa interior ajustada y similares con marcas aplicadas en la tela) o características naturales como puntos de referencia anatómicos, textura de la piel y/o cabello.

Los marcadores visuales utilizados para el rastreo pueden ser tanto marcadores artificiales, como los descritos anteriormente, y características naturales como el cabello, marcas en la piel, características anatómicas y similares. Para permitir un rastreo continuo alrededor de áreas de interés, los marcadores pueden estar dispuestos de manera que sean visibles desde una multitud de direcciones diferentes. En algunas realizaciones de la presente invención, estos pueden ser recogidos sucesivamente por el sistema de guía, reconstruyendo sus posiciones relativas localizando el módulo de la cámara en relación con los marcadores conocidos y extendiendo simultáneamente la geometría a los marcadores recién detectados. Para minimizar el error de reconstrucción a lo largo de la extensión de dichas recogidas, un procedimiento de optimización iterativo puede detectar bucles en el gráfico de relación de marcador resultante, computar el error inherente en torno a estos bucles y mejorar las estimaciones de posición relativas similares al "cierre de bucle" en enfoques SLAM (localización y mapeo simultáneos) para generar una malla de marcador visual perfectamente acondicionada.

Los marcadores también pueden incluirse en conjuntos de datos de imagen secundarios. Aunque no es necesario para el registro automático, estos marcadores también pueden extraerse automáticamente. Con los sólidos precedentes de la geometría (forma) del marcador y el emplazamiento del marcador (en la superficie del paciente), se pueden analizar los datos de la imagen para buscar la situación y orientación del marcador. Los marcadores pueden auto-identificarse a través de la información contenida que se puede discernir en la modalidad de imagen secundaria, p. ej., como variaciones de una o más entre la forma, la radiopacidad, las emisiones de radiación, la absorción acústica, la reflectividad acústica o la respuesta de resonancia magnética. Para los marcadores de auto-identificación que también contienen la codificación de identificación visual correspondiente, pueden asociarse las observaciones tanto en los datos visuales como en los conjuntos de datos de imágenes secundarias para establecer un registro inequívoco. Sin dichas asociaciones explícitas, algunas realizaciones de la presente invención pueden computar automáticamente las correspondencias, p.ej., seleccionando de forma repetida y aleatoria tuplas de marcador secundario en modo RANSAC y emparejando geoméricamente estas combinaciones de marcadores visuales (o lo contrario), o por el número relativamente reducido de posibles marcadoras – tratando exhaustivamente todas las combinaciones a la fuerza.

- 5 En situaciones en las que no están presentes marcadores en los datos de imagen secundaria, se puede proporcionar una inicialización del registro para mejorar el registro para algunas realizaciones de la presente invención. En estos casos, se puede utilizar un "marcador ancla" (que permite la recuperación de la orientación del marcador), para lo cual el sistema puede proponer heurísticamente una colocación al operador y esperar que el emplazamiento real del marcador ancla en el paciente tal como lo había colocado últimamente el operador se corresponda estrechamente con el propuesto para iniciar las etapas posteriores de refinamiento de registro. Se le puede permitir al operador modificar el emplazamiento propuesto del marcador ancla para ajustarse mejor a los requisitos intraoperatorios, como las restricciones de visibilidad o el conocimiento previo sobre emplazamientos adecuados que sean representativos de la posición de la anatomía correspondiente del paciente, como puedan ser los emplazamientos próximos a estructuras óseas rígidas.
- 10 Dependiendo de la disponibilidad de diferentes datos pertinentes para el rastreo, las realizaciones de la presente invención pueden utilizar variaciones de un enfoque de registro secuencial común. La Figura 9 representa un flujo de trabajo de registro de muestra de acuerdo con una realización de la presente invención que presenta etapas opcionales a la función básica del enfoque. En 900, puede leerse los datos de imágenes 3D secundarias 170. De 900, el flujo del proceso puede pasar a 910.
- 15 En 910, los marcadores unidos precozmente (o "marcadores precoces") 200 pueden extraerse de los datos secundarios 170. Desde 910, el flujo del proceso puede pasar a 920.
- En 920, se pueden identificar los marcadores precoces 220 y el marcador ancla precoz 190 también se puede encontrar o detectar a partir de los datos secundarios 170. De 920, el flujo del proceso puede pasar a 930.
- 20 En 930, un operador puede aplicar "marcadores unidos tardíamente" ("o marcadores tardíos") a la superficie del paciente (p.ej., piel, ropa, vendas, etc.). Los marcadores tardíos pueden agruparse en torno a una región de interés. Desde 930, el flujo del proceso puede pasar a 940.
- En 940, se puede determinar y proponer al operador un emplazamiento de marcador ancla. El emplazamiento del marcador ancla propuesto puede ser computado heurísticamente y/o detectarse a partir de los datos secundarios. El emplazamiento del marcador de ancla propuesto puede permitir la modificación manual del emplazamiento del marcador de ancla propuesto. Desde 940, el flujo del proceso puede pasar a 945.
- 25 En 945, si se detectó un marcador ancla precoz, entonces el flujo del proceso pasa a 950, si no se detectó un marcador ancla precoz, el flujo del proceso pasa a 955.
- En 950, un operador puede ajustar el marcador ancla precoz, por ejemplo, para ajustarse mejor a la posición propuesta anteriormente. Desde 950, el flujo del proceso puede pasar a 960.
- 30 En 955, un operador puede aplicar un marcador ancla tardío a la superficie del paciente cerca o en la posición propuesta anteriormente, por ejemplo. Desde 955, el flujo del proceso puede pasar a 960.
- En 960, puede explorarse visualmente al paciente 150 con cámaras 100. El sistema puede recoger una malla perfectamente acondicionada de marcador visual de uno o más de los marcadores precoces, marcadores tardíos, marcadores ancla o características naturales. El sistema puede reconstruir una superficie del paciente a partir de estas observaciones. Desde 960, el flujo del proceso puede pasar a 970.
- 35 En 970, el marcador ancla puede identificarse utilizando los datos recogidos en 960. Desde 970, el flujo del proceso puede pasar a 975.
- En 975, si se detectara un marcador ancla, el flujo del proceso pasa a 980. Si no se detecta un marcador ancla, el flujo de proceso pasa 990.
- 40 En 980, el registro puede inicializarse sobre la base de los marcadores ancla en todas las modalidades. Por ejemplo, la superficie del paciente y los datos de la imagen secundaria pueden registrarse inicialmente (aproximadamente) alineando los marcadores ancla en todas las modalidades. Desde 980, el flujo del proceso puede pasar a 990.
- En 990, todas las modalidades pueden registrarse sobre la base de los marcadores y superficies. Por ejemplo, posiblemente a partir de un registro inicial aproximado, la superficie del paciente y los datos de la imagen secundaria se pueden registrar con precisión utilizando uno o más de los marcadores o superficies.
- 45 El registro puede inicializarse directamente después de haber establecido visualmente una posición de marcador para algunas realizaciones de la presente invención. Esto puede seguir permitiendo la recogida continua y la integración de otros marcadores visuales en la malla de marcadores observada, al mismo tiempo que proporciona un comportamiento de registro intuitivo, aunque menos preciso mientras la recopilación de marcadores está en curso.
- 50 El emplazamiento de la cámara se puede computar de al menos dos formas diferentes dependiendo de la realización de la presente invención: localizando marcadores en las coordenadas de la cámara (y, por lo tanto, localizando la cámara en relación con el conjunto de marcadores observados), y/o recogiendo una malla de

marcador observada y registrándolo en los datos de imagen secundarios (y, por lo tanto, localizando la cámara en relación con dichos datos de imagen). Para las cámaras montadas en un dispositivo o pantalla de imagen secundaria, esto puede permitir la localización de dicho dispositivo o pantalla en relación con los marcadores o los datos de imagen secundaria registrados también.

5 Las cámaras también pueden servir para rastrear herramientas en algunas realizaciones de la presente invención. Mediante el uso de observaciones en tiempo real del entorno, herramientas con geometrías conocidas (como agujas) y/o transportando marcadores conocidos pueden rastrearse en relación con la cámara, a partir de lo cual las coordenadas pueden transformarse en coordenadas de imágenes portátiles, despliegue en pantalla y/o datos de imagen secundaria. Las herramientas con geometrías o patrones conocidos pueden rastrearse incluyendo sus correspondientes puntas de herramientas y/o puntos de interés.

10 La unidad de procesamiento de imágenes puede desplegar las imágenes mejoradas computadas a partir de datos registrados en una pantalla, que pueden estar directamente conectada a la unidad, o ser portátil, o ser una pantalla inteligente conectada de forma inalámbrica a la unidad o estar incluida en la propia unidad o que contiene componentes que se comunican con componentes de procesamiento de imágenes conectados a través de una red, dependiendo de la realización de la presente invención. Algunas variaciones de dichas imágenes mejoradas pueden incluir radiografías reconstruidas digitalmente (DRR), reconstrucciones de varios planos o de planos variables (MPR/VPR), superposiciones de realidad aumentada (AR) registradas de información de datos secundarios y/o imágenes en tiempo real, superposiciones de objetivos registrados en diferentes tipos de imágenes, imágenes fusionadas registradas y superposiciones de herramientas rastreadas en diferentes tipos de imágenes.

15 Las cámaras pueden incluirse en pantallas portátiles para permitir imágenes en tiempo real y/o rastreo del paciente y/o herramientas directamente desde el punto de vista de la pantalla para algunas realizaciones de la presente invención; las cámaras también pueden colocarse externamente a la pantalla y a los posibles dispositivos de imagen secundarios y a las pantallas de rastreo y/o a los dispositivos y/o herramientas de imagen desde una posición distinta para algunas realizaciones de la presente invención.

20 El módulo de creación de imágenes en tiempo real, que incluye la una o más cámaras, también puede comprender sensores de imágenes secundarias, como US, sondas SPECT portátiles, los sensores de oxímetro, etc., en algunas realizaciones de la presente invención. Estos pueden acoplarse físicamente a las cámaras (para garantizar una relación de registro rígida y un rastreo más preciso) o ir por separado (para permitir una mayor capacidad de manipulación y compacidad).

25 Los objetivos pueden definirse en datos de imagen secundaria, o interactivamente por el operador en datos secundarios o datos de creación de imágenes en tiempo real. Para algunas realizaciones de la presente invención, esto se puede conseguir en 2D, p.ej., mediante entradas directamente en una imagen visualizada (como tocar o hacer clic en una visualización de ultrasonido o en una visualización plana desde un conjunto de datos volumétricos), o en datos 3D, p.ej., por definición epipolar a través de un punto 2D desde una dirección de visualización, que luego se puede volver a mostrar como una línea 3D desde otra dirección de visualización y se puede refinar definiendo otro punto en esa línea o cerca de ella. Los objetivos pueden segmentarse automáticamente a partir de ambos tipos de datos de imagen si son distintos del entorno o su emplazamiento puede deducirse de cualquier combinación de las modalidades de imagen de entrada.

30 En algunas realizaciones de la presente invención, las cámaras pueden observar deformaciones de la superficie del paciente en relación con datos secundarios (dichas deformaciones pueden observarse en la superficie, por ejemplo, a través de luz estructurada, forma de sombreado, tiempo de vuelo o directamente desde estéreo o se pueden deducir a partir de movimientos de marcadores observados). La estimación de la deformación de la superficie se puede realizar o mejorar en relación con las observaciones modelando colisiones con una sonda de imagen portátil conocida o herramientas rastreadas u otros objetos con geometrías y emplazamiento conocidos. La unidad de procesamiento de imágenes puede computar después una deformación inicial resultante de los datos secundarios propagando la deformación observada o deducida a la superficie de los datos de la imagen secundaria. Si la superficie del paciente se deforma aún más en relación con una configuración inicial, la unidad de procesamiento de imágenes puede entonces computar de manera similar las deformaciones en tiempo real resultantes de los datos secundarios. Asimismo, la deformación de la superficie se puede propagar en el tejido representado en imágenes secundarias o en tiempo real, p.ej., de acuerdo con un modelo de elementos finitos (FEM) o un sistema de masa de resorte derivado de dichos datos de imágenes. Utilizando la deformación del tejido resultante, es posible computar una traducción resultante actualizada de los objetivos definidos.

35 Algunas realizaciones de la presente invención pueden computar imágenes deformadas mejoradas en tiempo real de acuerdo con la deformación resultante de los datos de la imagen de entrada y desplegar en pantalla las imágenes deformadas resultantes, posiblemente junto con las posiciones objetivo, actualizadas.

40 Algunas realizaciones de la presente invención pueden incluir con la unidad de creación de imágenes en tiempo real, uno o más dispositivos de detección de pantallas móviles y/o herramientas con una o más unidades de medición inercial (IMU, como acelerómetros o giroscopios) o magnetómetros para proporcionar estimaciones de orientación y traslación para permitir el rastreo de "navegación por estima" para facilitar el cálculo del rastreo actualizado, la

deformación y/o las imágenes mejoradas.

Si las imágenes en tiempo real presentan una configuración de marcadores deficiente (como disposiciones de etiquetas co-lineales; densidad insuficiente de marcadores en torno a las regiones de interés como pueda ser el marcador ancla, el área de intervención, las áreas de la superficie del paciente con una curvatura distinta, localizaciones de los objetivos, etc.; la colocación imprecisa del marcador ancla), algunas realizaciones de la presente invención pueden ordenar que la unidad de procesamiento de imágenes compute y proponga una mejor configuración al operador.

La Figura 1 presenta una realización de un sistema de creación de imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención. La unidad portátil 160 incluye una o más cámaras 100, pantalla 230 y unidad de procesamiento de imágenes 110. La unidad portátil 160 puede ser, por ejemplo, una tableta, un notebook o un teléfono inteligente, y una o más cámaras 100 y la unidad de procesamiento de imágenes 110 pueden ser componentes internos de la unidad portátil 160. Sin embargo, los conceptos generales de la presente invención no se limitan solo a este ejemplo. En el ejemplo de la Figura 1, la una o más cámaras 100 observan a un paciente 150 o secciones de dicho paciente dentro de uno o más conos de visualización 120 de la una o más cámaras 100. Dentro de un cono de visualización, puede haber uno o más marcadores 220 o herramientas de intervención 130. Los marcadores 220 pueden ser de uno o más de los siguientes tipos y pueden estar adheridos al paciente o estar presentes previamente: marcadores visuales auto-identificables 630, marcadores multi-modalidad 640, tiras de marcador 650 o características naturales visualmente distinguibles como cabello, marcas de nacimiento o características anatómicas. En ciertas situaciones, una transformación geométrica 140 entre las cámaras y el entorno se puede determinar a partir de los datos de entrada que incluyen, por ejemplo, los datos recibidos de una o más cámaras 100.

La Figura 1 también ilustra diferentes formas de realización de la presente invención en las que la unidad de procesamiento de imágenes 110 está acoplada a la unidad portátil 160 o en las que la unidad de procesamiento de imágenes 110 comprende o se comunica con componentes remotos adicionales que están conectados a través de una red, o en las que algunas funciones de la unidad de procesamiento de imagen 110 se realiza de forma remota en la "nube".

Se puede recoger un conjunto de datos de imágenes 3D secundarias 170 del paciente 150 que puede incluir objetivos predefinidos 180 y/o representaciones de marcadores precoces, posiblemente incluyendo representaciones de marcadores ancla precoces 190 (un marcador ancla es un marcador específico que permite la extracción de información de orientación). Dichos datos de imágenes secundarias 170 pueden transferirse a la unidad de procesamiento de imágenes para su posterior procesamiento y/o visualización en, por ejemplo, la pantalla 230.

Dependiendo de la realización de la presente invención, las unidades de procesamiento de imágenes 110 pueden incluir uno o más circuitos integrados y/o microprocesadores. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede ejecutar instrucciones para rastrear marcadores, agujas y/o herramientas quirúrgicas (por ejemplo, herramientas de intervención 130). La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede recibir una selección de objetivos 180 (por ejemplo, un tumor, un vaso, una lesión sospechosa u otros sitios clínicamente pertinentes) en las imágenes 3D secundarias 170, o una nueva selección de objetivos directamente en las imágenes de la imagen o más cámaras 100. La nueva selección de objetivos puede recibirse desde una pantalla táctil 230 que muestra las imágenes, por ejemplo. La unidad de procesamiento de imágenes 110 también puede rastrear la herramienta; desplegar una representación de la herramienta en la pantalla 230 mientras se realiza el rastreo de la herramienta; indicar una punta de herramienta en la pantalla 230 (p. ej., aunque el uso de una o más líneas perpendiculares, disposiciones de líneas puntiagudas y/o variaciones de color); calcular la distancia entre la punta de la herramienta y el objetivo; salida de audio, en la que el audio cambia según la distancia calculada entre la punta de la herramienta y el objetivo; desplegar en pantalla de la distancia calculada entre la punta de la herramienta y el objetivo; salida de señales visuales sobre la calidad del rastreo de la herramienta; y/o indicar una pérdida de rastreo de la herramienta a través de señales de audio o visuales. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede dar instrucciones a la pantalla 230 además para que despliegue la herramienta de rastreo como una línea o, además, que represente la calidad del rastreo de la herramienta en función de la longitud observada de la herramienta de rastreo. Para el ejemplo específico de una herramienta 130 rastreada que interseca una región de observación de las cámaras 100, habrá un cierto segmento de herramienta 130 físicamente incluido dentro de la región. La orientación de este segmento en relación con los objetivos definidos puede ser computada por la unidad de procesamiento de imágenes 110 sobre la base a la información de rastreo y el registro entre las cámaras 100, la herramienta 130 y/o los datos de imágenes en 3D secundarios 170 y puede utilizarse como una entrada para el rastreo de herramientas.

La Figura 2 representa una realización de un sistema de imágenes según una realización de la presente invención, que describe una etapa de un procedimiento guiado por imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención. A partir de los datos de imagen en 3D 170, una unidad de procesamiento de imágenes 110 puede extraer una superficie de paciente 270. Dentro de dichos datos de imagen en 3D secundaria 170, dicha unidad de procesamiento de imágenes 110 puede computar un emplazamiento propuesto de marcador ancla tardío 280. Los datos de imágenes en 3D secundarios 170 o superficie del paciente 270 pueden desplegarse en pantalla junto con una representación 290 del emplazamiento del marcador tardío en una pantalla 230.

La Figura 3 representa una realización de un sistema de creación de imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención, que describe una etapa de un procedimiento guiado por imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención. A partir de los datos de imagen secundaria 170 y las observaciones a través de una o más cámaras 100 de una deformación de la superficie 350 de un paciente 150 efectuada por un instrumento de intervención y/o un dispositivo de imagen 340, una unidad de procesamiento de imagen 110 puede computar una variación deformada 320 de los datos de imagen secundaria 170, p. ej., imponiendo la deformación de la superficie como una condición de límite inicial en, p.ej., un sistema de masa de resorte o un sistema de elementos finitos que se ha derivado heurísticamente de los datos de imagen 3D secundaria 170, por ejemplo mediante la malla regular de un conjunto de datos de imagen 3D secundaria con umbral binario 170 seguido de la parametrización de los parámetros del modelo de acuerdo con las intensidades de los voxeles dicho conjunto de datos de imagen. A partir de la variación deformada 320 de los datos de imagen secundaria 170, dicha unidad de procesamiento de imágenes 110 puede computar las transformaciones 380 de los objetivos predefinidos 180. Dichos datos de la imagen deformada 320 pueden visualizarse junto con dichos objetivos 380 en una pantalla 230.

La Figura 4 presenta una realización de un sistema de guía de acuerdo con una realización de la presente invención. Una cámara externa 100 puede observar a un paciente 150 con marcadores unidos 220, así como una pantalla 230, posiblemente con marcadores unidos 420. Las observaciones de las superficies y los marcadores pueden combinarse geoméricamente con el conocimiento previo o las observaciones del mismo, p.ej., utilizando los procedimientos de registro perfectamente conocidos de Arun o Horn (cuando se usan marcadores auto-identificables con correspondencias), una variación RANSAC (sin marcadores auto-identificables o con correspondencias desconocidas), o registro ICP (sin correspondencias) para conjuntos de marcadores o superficies, o p.ej. rastreo visual fiducial para marcadores individuales (E. Olson: "A robust and flexible visual fiducial system", IEEE ICRA 2011). Esta coincidencia geométrica es una transformación de registro entre una posición de referencia y la posición de observación en curso. Sobre la base de dicha transformación, la transformación 450 de la pantalla en relación con el paciente (la combinación de la pantalla a la cámara y las transformadas inversas del paciente a la cámara), una unidad de procesamiento de imágenes 110 puede computar imágenes mejoradas que incluyen información dependiendo de la posición de la pantalla 230.

La Figura 5 representa aspectos de una realización de un sistema de imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención, que describe una etapa de un procedimiento guiado por imágenes según una realización de la presente invención. Al mismo tiempo que una o más cámaras 100 pueden moverse a través de una o más posiciones en relación con el paciente 150, se pueden observar diferentes subconjuntos de marcadores de superficie del paciente 220. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede determinar las posiciones del marcador una en relación con la otra, p.ej., a partir de observaciones de pares, y reconstruir sucesivamente un gráfico de posición de marcador parcial o completo 500. En algunas realizaciones de la presente invención, este conjunto de marcadores subyacente al gráfico 500 puede ser más tarde utilizado para uno o más entre rastreo visual, registro a datos de imagen 3D secundarios 170 usando "marcadores precoces" 510 de datos de imagen secundarios y/o registro de datos secundarios 170 utilizando superficies 270 generadas de dichos datos, tal como se ha descrito en el párrafo anterior.

La Figura 6 ilustra aspectos de variaciones entre diferentes realizaciones de la presente invención. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede conectarse a los módulos de una o más cámaras 100. Cada una de estas cámaras puede estar configurada para observar a un paciente 150. En la superficie 350 de dicho paciente, se pueden unir uno o más de los siguientes tipos de marcadores o características, combinarse en una hoja con diseño o en una ropa con diseño, o estar presente previamente: marcadores visuales auto-identificables 630, marcadores multi-modalidad 640, tiras de marcador 650 o características naturales visualmente distinguibles, como características anatómicas naturales, características de la piel o cabello.

La Figura 7 representa un flujo de trabajo de ejemplo que describe una etapa de un procedimiento guiado por imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención. Puede configurarse una o más cámaras 100 conectadas a una unidad de procesamiento de imágenes 110 de manera tal que puedan observar simultánea o sucesivamente una pluralidad de marcadores de pacientes 220 en un paciente 150. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede configurarse de tal manera que detecte configuraciones no óptimas de marcadores, como, por ejemplo, disposiciones co-lineales 720, y despliegue en pantalla una configuración mejorada propuesta 740 en una pantalla conectada 230.

La Figura 8 representa una realización de un sistema de guía de acuerdo con una realización de la presente invención. Una cámara externa 100 puede observar a un paciente 150 con marcadores unidos 220. Sobre la base de la posición 450 de la cámara en relación con el paciente, una unidad de procesamiento de imágenes 110 puede computar imágenes 810 mejoradas que incluyen información que depende de la posición de la cámara y desplegar en pantalla estas imágenes en una pantalla conectada 230.

En una realización, el rastreo de una herramienta 130 (por ejemplo, una aguja o un instrumento quirúrgico) se puede realizar a través de una o más características visibles en la herramienta. (El rastreo de herramientas básicas ha sido descrito en publicaciones anteriores por los autores de la invención, como Stolka y col. "Navigation with local sensors in handheld 3D ultrasound: initial in-vivo experience.", SPIE Medical Imaging 2011, Lake Buena Vista, FL/USA, pp. 79681J-79681J. International Society for Optics and Photonics, 2011; Wang y col. "The Kinect as an

interventional tracking system;" SPIE Medical Imaging, San Diego, CA, USA, pp. 83160U-83160U. International Society for Optics and Photonics, 2012; Hager and Toyama "The XVision System: A General-Purpose Substrate for Portable Real-Time Vision Applications", in Computer Vision and Image Understanding 69(1) pp. 23-37.) La característica visible puede incluir un patrón detectable, creándose el patrón inicialmente utilizando una secuencia binaria pseudo aleatoria, o más generalmente una secuencia de Bruijn, en la que el patrón es uno entre marcado, impresión, grabado o aplicación en la herramienta (Stolka et al., "Surgical needle for a surgical system with optical recognition", documento patente US 8880151 B1). El patrón se puede utilizar para detectar la profundidad de inserción de la herramienta en un cuerpo humano o animal. Alternativamente, la característica visible puede incluir un elemento unido como un anillo unido a la herramienta. El anillo puede ser reflectante y/o cilíndrico o con forma de mango. El anillo puede incluir un patrón detectable utilizado para calcular la profundidad de inserción de la punta de la herramienta, el patrón detectable puede crearse inicialmente utilizando una secuencia binaria pseudo aleatoria. El sistema de imágenes 110 puede calcular inicialmente una distancia desde el anillo hasta la punta de la herramienta y utilizar esta distancia calculada para calibrar el sistema de imágenes para el rastreo de herramientas.

15 *Ejemplo de sistema 1 ("Moonlight")*

Un reto constante de la medicina basada en imágenes es el uso de datos de imágenes 3D secundarias 170 que se adquieren sin disposiciones explícitas para su registro para una situación de intervención. Algunos ejemplos de esto pueden ser exploraciones volumétricas preexistentes de TC, IRM, PET, SPECT o CBCT, pero también datos de imágenes en 2D, como proyecciones fluoroscópicas o generalmente de rayos X que se adquieren en íntima proximidad espacial y temporal a una situación de intervención. Cualquiera de estos conjuntos de datos de imágenes secundarias puede incluir o no marcadores que podrían utilizarse para el registro, p.ej., marcadores convencionales de múltiples modalidades adheridos perfectamente conocidos que se caracterizan por una pequeña esfera radiopaca en un disco de color. Para dichos conjuntos de datos de imagen secundaria, la alineación de las partes de imagen correspondientes con la situación real del paciente es difícil y requiere mucho tiempo. Frecuentemente, el operador tiene que reconstruir mentalmente los emparejamientos anatómicos correctos y recordar características importantes a lo largo de la intervención.

Con una unidad de procesamiento de imágenes 110, es posible computar imágenes mejoradas de dichos conjuntos de datos de imágenes secundarias 170 que resaltan o corresponden a ciertos aspectos de una situación de intervención, como la orientación relativa de las características anatómicas, cuando se observan desde ciertas direcciones de visualización. Los conjuntos de datos de imagen secundarios 170 pueden importarse a la unidad de procesamiento de imágenes 110 a través de combinaciones de uno o más medios de almacenamiento, redes de comunicaciones o conexiones a dispositivos de imágenes. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede entonces comunicarse con una pantalla 230 que muestra las imágenes mejoradas 810.

Mediante el uso de una o más cámaras 100 u otros dispositivos sensibles a la luz, se puede observar el entorno de intervención, posiblemente incluyendo vistas del paciente 150 u herramientas de intervención 130, cualquiera de los cuales puede estar adornado con marcadores unidos 220 u otras características visibles 220 que permanecen estacionarias en relación con sus correspondientes objetos. Sobre la base de estas observaciones de objetos o características, la posición de las cámaras 450 puede rastrearse en un sistema de coordenadas de objetos o características según se mide desde una posición de referencia.

Si una o más cámaras 110 u otros dispositivos sensibles a la luz están unidos a una pantalla portátil 230 o una unidad portátil integrada 160, las imágenes que capturan pueden servir como entradas para la programación de la unidad de procesamiento de imágenes 110 para determinar efectivamente la posición de la pantalla en relación con el espacio en el paciente 150. Esta posición se puede interpretar como la dirección de visualización antes mencionada para el cómputo de imágenes mejoradas de los conjuntos de datos de imagen secundaria 170. Además, pueden utilizarse entonces una o más cámaras 110 u otros dispositivos sensibles a la luz para capturar vistas de herramientas 130 u otros objetos cuya posición es deseable que se conozca en relación con el paciente. Estas vistas también pueden ser procesadas por una unidad de procesamiento de imágenes 110 para determinar dichas posiciones de herramienta. Finalmente, estas posiciones de herramienta pueden utilizarse para proporcionar información de guía superpuesta sobre las imágenes mejoradas, p.ej., dibujando una o más líneas, cajas, cilindros, puntos o círculos que corresponden a las proyecciones 2D de las posiciones de herramienta en las imágenes mejoradas, lo cual indica las posiciones relativas de las herramientas y los conjuntos de datos de imagen secundaria.

Un ejemplo de realización de la presente invención ("*Moonlight*") que implementa algunos de los aspectos descritos puede funcionar de la siguiente manera. Las propiedades de dicho sistema se describen en el presente documento, aunque pueden ir acompañadas de varias combinaciones de otras propiedades sin afectar el principio de funcionamiento. Un ordenador portátil 160 como una tableta, notebook o teléfono inteligente incluye una pantalla 230, una unidad central de procesamiento 110 que realiza funciones de la unidad de procesamiento de imágenes (una "unidad de procesamiento de imágenes"), un módulo de cámara (que incluye una o más cámaras, montadas en la pantalla o separadas físicamente) 100, almacenamiento y conexiones de datos. La funcionalidad general de esta realización es la navegación a través de un conjunto de datos de imágenes 3D 170 utilizando una cámara portátil 100, con la unidad de procesamiento de imágenes 110 que computa las imágenes 810 mejoradas del conjunto de datos de imágenes 3D 170 en tiempo real y desde el punto de vista de la cámara portátil 100, y estando integrada la

5 pantalla 230 con la cámara portátil 100 o conectada a esa cámara 100 y desplegando en pantalla las imágenes 810 mejoradas. La posición de la cámara portátil 100 en relación con un entorno (como un paciente 150 o una pieza de trabajo) que se representa en el conjunto de datos de imágenes en 3D 170 se computa sobre la base de las observaciones de ese entorno. Se computa la transformación 450 (también denominada registro) entre la cámara 100 y el entorno mediante la unidad de procesamiento de imágenes 110 sobre la base de una o más entre la información de superficie observada y computada 270, marcadores 220 o puntos de referencia naturales o anatómicos. Opcionalmente, las herramientas de intervención 130 pueden rastrearse activamente observándolas con la cámara 100 y detectándolas por la unidad de procesamiento de imágenes 110. La unidad de procesamiento de imágenes 110 está programada de tal manera que permita los cálculos necesarios para conseguir la funcionalidad descrita con más detalle a continuación. Ciertas etapas de operación no necesitan ejecutarse en el orden descrito.

15 La Figura 10 representa un flujo de trabajo de muestra de acuerdo con una realización de la presente invención. En 1010, la unidad de procesamiento de imágenes 110 puede leer el conjunto de datos de imagen secundaria 3D 170 (por ejemplo, TC o IRM) desde un medio de almacenamiento u otro socio de comunicación. A partir de 1010, el flujo del proceso puede pasar a 1020.

En 1020, el conjunto de datos de imágenes 3D secundarias 170 puede procesarse para extraer la superficie del paciente 270. Desde 1020, el flujo del proceso puede pasar a 1030.

20 En 1030, el conjunto de datos de imágenes 3D secundarias 170 puede ser procesado para extraer los marcadores 220 potencialmente incluidos u otras características de superficie, así como los objetivos 180 potencialmente predefinidos. Los cuatro elementos de datos (volumen 170, superficie 270, marcadores 220 y objetivos 180) pueden retenerse para su procesamiento posterior, si están presentes. A partir de 1030, el flujo del proceso puede pasar a 1040.

25 En 1040, para permitir una correcta inicialización del registro, la unidad de procesamiento de imágenes 110 puede computar una posición propuesta 280 del marcador ancla para, y puede permitir establecer una posición virtual, y un "marcador ancla" en pantalla 290 que define aproximadamente la orientación y posición posteriores de una emplazamiento de superficie correspondiente en el paciente 150. Esta posición del marcador ancla puede extraerse del conjunto de datos de imagen 3D (si está presente como un "marcador precoz") o inicializarse heurísticamente (p.ej., "en la parte superior central del paciente") para que el operador lo una posteriormente al paciente (como un "marcador tardío"), aproximadamente de acuerdo con la posición definida en la pantalla. Desde 1040, el flujo del proceso puede pasar a 1045.

En 1045, si se detecta un marcador ancla precoz 190, el flujo del proceso se mueve a 1050, si no, el flujo del proceso se mueve a 1055.

En 1050, el operador puede ajustar el marcador ancla precoz 190 de acuerdo con 1040. Desde 1050, el flujo del proceso puede pasar a 1060.

35 En 1055, el operador puede aplicar un marcador ancla tardío de acuerdo con 1040. Desde 1050, el flujo del proceso puede pasar a 1060.

En 1060, el operador puede explorar al paciente 150 con las cámaras 100. Los marcadores 220 pueden recogerse y combinarse en la malla 500. Desde 1060, el flujo del proceso puede pasar a 1070.

40 En 1070, el marcador ancla puede identificarse a partir de los datos recopilados en 1060. Desde 1070, el flujo de proceso puede pasar a 1075.

En 1075, si se detecta un marcador ancla, el flujo se mueve a 1080, si no, el flujo se mueve a 1090.

En 1080, se puede inicializar el registro de la malla 500 y la superficie del paciente 270 sobre la base de los marcadores ancla en todas las modalidades. Desde 1080, el flujo del proceso puede pasar a 1090.

45 En 1090, todas las modalidades se pueden registrar sobre la base de los marcadores 220 de 1030 y 1060 y las superficies 270. Desde 1090, el flujo del proceso puede pasar a 1092.

En 1092, los marcadores 220 pueden seguir observándose y la posición relativa de las cámaras 100 y la pantalla 230 pueden ser computada. Desde 1092, el flujo del proceso puede pasar a 1094.

En 1094, las herramientas 130 relativas a las cámaras 100 pueden seguir observándose. Desde 1094, el flujo del proceso puede pasar a 1096.

50 En 1096, pueden computarse las imágenes 810 mejoradas de los datos de imagen 170 y las posiciones de marcador/cámara/herramienta.

Independientemente de la sub-secuencia de procesamiento del párrafo anterior, una segunda sub-secuencia adquiere información de situación en tiempo real a través de una o más cámaras 100. Inicialmente, se permite al

operador unir marcadores tardíos adicionales 220 al paciente 150, incluyendo (pero no se requieren) un marcador ancla real, cuya orientación y posición en el paciente 150 deberá ajustarse aproximadamente a la orientación 290 del marcador ancla en la pantalla y la posición en la superficie 270 de los datos de imagen 3D secundaria 170. La unión del marcador tardío iniciada por el operador no es necesaria, pero proporciona un mayor número de características más claramente detectables para el rastreo posterior, en particular, si no estuvieran presentes marcadores precoces en los datos de imagen 3D secundaria 170. La una o más cámaras 100 se mueven alrededor y observan el entorno y adquieren imágenes en tiempo real para su procesamiento posterior por parte de la unidad de procesamiento de imágenes 110. La unidad de procesamiento de imágenes 110 analiza continuamente las imágenes en tiempo real para detectar marcadores 220 u otras características en la superficie del paciente 150. La unidad de procesamiento de imágenes 110 combina estos marcadores observados 220 o características en una malla de marcador observada óptima 500 que contiene sus posiciones relativas. Dependiendo de la presencia de marcadores o características extraídas del conjunto de datos de imágenes 3D secundarias 170, esta malla de marcador se registra mediante la unidad de procesamiento de imágenes 110 en una o más entre la superficie del paciente 270 o los marcadores extraídos 220 o características, y por lo tanto al conjunto de datos de imagen secundaria 3D 170. Este registro se inicializa ajustando el marcador ancla en pantalla 290 con el marcador ancla real observado 220, si se utiliza un marcador ancla; de lo contrario, no se realiza ninguna inicialización. Si los marcadores iniciales 220 correspondientes están presentes tanto en el conjunto de datos de imagen 3D 170 como en la malla de marcador observada 500, los conjuntos de marcadores pueden registrarse rígidamente (p.ej., a través del procedimiento descrito en Arun y col. "Least-Squares Fitting of Two 3-D Point Sets", 1987 IEEE). De lo contrario, se puede utilizar un algoritmo como el Punto más cercano iterativo (ICP; véase Paul/McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes", IEEE 1992) para encontrar un registro local óptimo utilizando uno o más de marcadores o superficies. Si el operador determina posteriormente que dicho óptimo local es inexacto (p. ej., en función de las posiciones de superposición resultantes, como se describe a continuación), el registro puede reiniciarse mediante la modificación en pantalla del marcador ancla virtual 290 o por re-posicionamiento del marcador ancla real 220. El marcador continuo o la detección de características en las imágenes de la cámara por parte de la unidad de procesamiento de imágenes 110 localiza la una o más cámaras 100 con respecto a los marcadores 220 o características, y por lo tanto a la malla de marcadores 500, y por lo tanto al conjunto de datos de imágenes 3D secundarias registradas 170. La unidad de procesamiento de imágenes 110 puede detectar herramientas 130 y sus posiciones en las imágenes de cámara adquiridas (por ejemplo, según Stolka y col. "Navigation with local sensors in handheld 3D ultrasound: initial in-vivo experience", SPIE Medical Imaging 2011). La unidad de procesamiento de imágenes 110 genera imágenes mejoradas 810 a partir del conjunto de datos de imagen secundaria 3D 170, dependiendo de una o más ubicaciones entre la cámara 100, el emplazamiento de la pantalla 230 o los emplazamientos de herramienta 130, que son conocidos en relación con el emplazamiento de la cámara 100. Estas imágenes 810 mejoradas pueden, por ejemplo, adoptar la forma de radiografías reconstruidas digitalmente o reconstrucciones de un solo plano o múltiple planos basadas en las posiciones de la cámara/pantalla/herramienta, u otras transformaciones clínicamente relevantes. Estas imágenes 810 mejoradas también pueden incluir superposiciones de la herramienta observada 130 y posiciones objetivo transformadas 180. Durante este procedimiento, los objetivos 180 también se pueden crear interactivamente, por ejemplo, tocando la pantalla 230 cuando se mantienen en diferentes posiciones de visualización, que definen una geometría epipolar que identifica los objetivos en los emplazamientos de intersección de rayos.

Dicho sistema permite la navegación a través de los conjuntos de datos de imagen 3D secundaria 170 colocando una pantalla portátil 230 o una cámara 100, que sirven conjuntamente de forma eficaz como una "ventana" a los datos de imagen 170. Cabe destacar que el registro del paciente 150 con los datos de imagen 170 se consigue por medio de la adquisición en tiempo real de una o más superficies 270 y marcadores de superficie 220 o características, que se registran inmediatamente en los datos de imagen 3D secundaria 170 (tal como se ha descrito en el párrafo anterior) sin requerir posterior interacción del operador. La observación visual de superficies y marcadores o características permite tanto el registro dinámico a gran escala (largo alcance) como el rastreo continuo a pequeña escala (corta distancia). Las posiciones 130 de la herramienta y los emplazamientos objetivos transformados 180 se superponen directamente en los datos de la imagen 170 en la pantalla 230, lo cual permite un posicionamiento eficaz de la herramienta en relación con las estructuras anatómicas de la superficie inferior sin largas etapas de inicialización manual. Los marcadores de superficie 220 o las características pueden estar presentes y utilizarse para el registro del paciente 150 con datos de imágenes 3D secundarias 170, pero críticamente no es necesario que estén presentes en el paciente hasta el momento de la intervención.

Ejemplo de sistema 2 ("Moonlander")

Se puede ampliar el principio de funcionamiento del sistema de ejemplo 1 para incluir datos de creación de imágenes en tiempo real médicas secundarias más allá de las imágenes de la cámara. Esto puede servir para combinar diferentes modalidades de imágenes médicas con diferentes resoluciones o características de imágenes funcionales o materiales o temporales. Los ejemplos de sensores secundarios portátiles serían sondas de ultrasonido, sondas SPECT, oxímetros, dispositivos ópticos de visualización de vasos, al tiempo que los ejemplos de sensores secundarios estacionarios incluirían brazos C, brazos O, fluoroscopios o tomografías por ultrasonido. Siendo así, otro ejemplo de realización de la presente invención ("Moonlander") puede incorporar imágenes de ultrasonido portátil en tiempo real. Las propiedades de un sistema de este tipo se describen en el presente documento, aunque pueden ir acompañadas de varias combinaciones de otras propiedades sin afectar al

principio de funcionamiento. Este sistema se basa en el Sistema de ejemplo 1 ("Moonlight"), pero además recibe datos de imágenes de ultrasonido 300 a través de conexión directa o indirectamente a través de otro sistema de ultrasonido por medio de imágenes con una sonda portátil 340, a la que está unido rigidamente un componente de cámara estéreo 100 y calibrado. En conjunto, la sonda de ultrasonido portátil 340 y el componente de cámara estéreo 100 forman un módulo de creación de imágenes en tiempo real. La pantalla del sistema 230 podría ser una pantalla portátil 160, aunque no necesariamente. Al rastrear la posición de la sonda de ultrasonido en relación con un conjunto de datos de imágenes 3D secundarias registradas, el sistema puede computar imágenes mejoradas que combinan imágenes de ultrasonido en tiempo real con información geoméricamente apropiada extraída de conjunto de datos de imágenes 3D secundarias para desplegar en pantalla ambas modalidades juntas en tiempo real, ayudando así al operador a discernir aspectos de la imagen que serían difíciles de descubrir en una sola modalidad. El conocimiento sobre la sonda de ultrasonido rastreada y las posiciones de la herramienta en relación con el conjunto de datos de imágenes 3D secundarias registradas puede permitir además computar las deformaciones de dichos datos de imagen y desplegar en pantalla la información geoméricamente ajustada sobre la base de dichas deformaciones.

Si bien la mayoría de las características de funcionamiento y las etapas del procedimiento son similares a los del Sistema de ejemplo 1, la unidad de procesamiento de imágenes 110 puede recibir además datos de imágenes de ultrasonido 300. Estos datos pueden utilizarse en el cómputo de imágenes 810 mejoradas, por ejemplo, superponiéndolos en reconstrucciones planas o en visualizaciones 3D de los conjuntos de datos de imágenes 3D 170.

Con la posición y la forma de la sonda portátil 340 conocida (a partir del rastreo y el modelado, respectivamente), pueden detectarse indirectamente las colisiones con los datos de imagen 3D secundaria 170 o la superficie 270 extraída de esta última y pueden computarse las geometrías de colisión (p. ej., computando la intersección de los datos de imagen 170 con un modelo de sonda 340, o desplazando elementos de la superficie 270 por la profundidad de intrusión de la sonda 340 en datos de imagen 170 o superficie 270). Estas colisiones inducen deformaciones del tejido, cuya propagación puede ser estimada por la unidad de procesamiento de imágenes 110 por medio de un modelo de deformación mecánica que se ha creado previamente sobre la base a los datos de imagen 3D secundarios 170 y las propiedades estimadas del tejido. Dichas estimaciones pueden basarse, por ejemplo, en atlas o en segmentaciones basadas en la intensidad. Las colisiones también pueden deducirse independientemente de las observaciones directas de las deformaciones de la superficie 350 o de las deformaciones de la malla del marcador. Las deformaciones propagadas en el modelo de deformación pueden informar entonces sobre las deformaciones 320 de los datos de imagen en 3D secundarios 170 o de las imágenes mejoradas 810 derivadas de dichos datos, posiblemente incluyendo las deformaciones 380 de los objetivos predefinidos 180. Estas deformaciones de imagen y los desplazamientos objetivos pueden finalmente desplegarse junto con imágenes de ultrasonido en tiempo real y las herramientas superpuestas en una pantalla 230.

El ejemplo del sistema 2 para la guía de imágenes permite la fusión de imágenes de datos de imágenes en 3D con datos de ultrasonido, sin las interacciones habituales asociadas con el registro, como la definición manual de puntos de referencia, los marcadores de identificación que deben presentarse en los datos preoperatorios y etapas similares. A diferencia de otros sistemas de navegación, la invención propuesta no requiere la presencia de una unidad base de referencia o de detección separada, y no necesita etapas de configuración adicionales más allá de la observación de superficies o características de la superficie por parte de una o más cámaras 100.

Sistema informático ilustrativo

La Figura 11 representa un sistema informático ilustrativo que puede utilizarse para implementar una realización ilustrativa de la presente invención. Específicamente, la Figura 11 representa una realización ilustrativa de un sistema informático 1100 que puede utilizarse en dispositivos informáticos como, por ejemplo, pero sin limitarse a ellos, dispositivos independientes o de cliente o servidor. La Figura 11 representa una realización ilustrativa de un sistema informático que puede utilizarse como dispositivo cliente, o dispositivo de servidor, etc. La presente invención (o cualquier parte(s) o función(es) del mismo) puede implementarse utilizando hardware, software, firmware, o una combinación de los mismos y puede implementarse en uno o más sistemas informáticos u otros sistemas de procesamiento. De hecho, en una realización ilustrativa, la invención puede referirse a uno o más sistemas informáticos capaces de llevar a cabo la funcionalidad descrita en el presente documento. En la Figura 11, se muestra un ejemplo de un sistema informático 1100 que representa una realización ilustrativa de un diagrama de bloques de un sistema informático ilustrativo útil para implementar la presente invención. Específicamente, la Figura 11 ilustra un ejemplo de computadora 1100, que en una realización ilustrativa puede ser, p.ej., (pero sin limitarse a él) un sistema de ordenador personal (PC) que ejecuta un sistema operativo como, p.ej., (pero sin limitarse a él) MICROSOFT®, WINDOWS®, NT/98/2000/XP/Vista/Windows 7/Windows 8, etc. distribuido por MICROSOFT®, Corporation of Redmond, Washington, Estados Unidos, o un ordenador o tableta Apple que ejecute MAC®. OS, OS X o iOS de Apple® de Cupertino, California, Estados Unidos, o un ordenador que ejecute Linux u otro derivado de UNIX. Sin embargo, la invención no se limita a estas plataformas. Por el contrario, la invención puede implementarse en cualquier sistema informático apropiado que ejecute cualquier sistema operativo apropiado. En una realización ilustrativa, la presente invención puede implementarse en un sistema informático que funciona tal como se describe en el presente documento. En la Figura 11, se presenta un sistema informático ilustrativo, el ordenador 1100. Pueden implementarse componentes de la invención, como, por ejemplo, (pero sin limitarse a él),

un dispositivo informático, un dispositivo de comunicaciones, un teléfono, un asistente digital personal (PDA), un iPhone, un iPad, un dispositivo Surface y Android. , un dispositivo inalámbrico 3G/4G, un dispositivo LTE, un dispositivo inalámbrico, un ordenador personal (PC), un PC portátil, un ordenador personal portátil, un teléfono inteligente, un dispositivo móvil, una netbook, un dispositivo portátil, un dispositivo portátil, un dispositivo de televisión interactivo (iTV), una grabadora de video digital (DVR), estaciones de trabajo cliente, clientes ligeros, clientes pesados, clientes gruesos, servidores proxy, servidores de comunicación de red, dispositivos de acceso remoto, ordenadores de cliente, ordenadores de servidor, dispositivos punto a punto, enrutadores, servidores web, datos, medios, audio, video, telefonía o servidores de tecnología de transmisión, etc. utilizando un ordenador como la que se muestra en la Figura 11. En una realización ilustrativa, los servicios se pueden proporcionar según demanda utilizando, p. ej., un dispositivo de televisión interactivo (iTV), un sistema de video a pedido (VOD), a través de un grabador de video digital (DVR), y/u otro sistema visualización según demanda. El sistema informático 1100 y/o partes del sistema informático 1100 pueden utilizarse para implementar la red, el dispositivo de procesamiento y/o los componentes como se describe en las Figuras 1-8, como por ejemplo la unidad de procesamiento de imágenes 110, la unidad portátil 160, la pantalla 230 y/o una o más cámaras 100.

El sistema informático 1100 puede incluir uno o más procesadores, como, por ejemplo, pero sin limitarse a ellos, procesador(es) 1104. El (los) procesador(es) 1104 puede(n) estar conectado a una infraestructura de comunicación 1106 (p.ej., pero sin limitarse a ellos, un bus de comunicaciones, una barra de cruce, una interconexión, o red, etc.). El procesador 1104 puede incluir cualquier tipo de procesador, microprocesador o procesamiento lógico que pueda interpretar y ejecutar instrucciones (p.ej., por ejemplo, una matriz de puerta programable de campo (FPGA)). El procesador 1104 puede comprender un solo dispositivo (p.ej., un solo núcleo) y/o un grupo de dispositivos (p. ej., procesadores de múltiples núcleos o procesadores gráficos/paralelos). El procesador 1104 puede incluir un controlador lógico configurado para ejecutar instrucciones ejecutables por ordenador configuradas para implementar una o más realizaciones. Las instrucciones pueden residir en la memoria principal 1108 o en la memoria secundaria 1110. Los procesadores 1104 también pueden incluir múltiples núcleos independientes, como un procesador de doble núcleo o un procesador de múltiples núcleos. Los procesadores 1104 también pueden incluir una o más unidades de procesamiento de gráficos (GPU) que pueden tener la forma de una tarjeta gráfica dedicada, una solución gráfica integrada y/o una solución gráfica híbrida. Se pueden describir varias realizaciones ilustrativas de software por lo que se refiere a este sistema informático ilustrativo. Después de leer esta descripción, será evidente para las personas experta en la materia correspondiente cómo implementar la invención utilizando otros sistemas informáticos y/o arquitecturas.

El sistema informático 1100 puede incluir una interfaz de pantalla 1102 que puede reenviar, por ejemplo, pero sin limitarse a ellos, gráficos, texto y otros datos, etc., desde la infraestructura de comunicación 1106 (o desde un buffer de cuadros, etc., no se muestra) para para desplegarse en la unidad de pantalla 230, tal como se ha descrito anteriormente. La unidad de pantalla 230 puede ser, por ejemplo, una pantalla LCD u otra pantalla para mostrar datos (p.ej., una pantalla de teléfono móvil o tableta). La salida también se puede proporcionar como un sonido a través de un altavoz.

El sistema informático 1100 también puede incluir, p.ej., pero sin limitarse a ellos, una memoria principal 1108, una memoria de acceso aleatorio (RAM) y una memoria secundaria 1110, etc. La memoria principal 1108, la memoria de acceso aleatorio (RAM) y la memoria secundaria 1110, etc., pueden ser un medio legible por el ordenador que puede configurarse para almacenar instrucciones configuradas para implementar una o más realizaciones y puede comprender una memoria de acceso aleatorio (RAM) que puede incluir dispositivos RAM, como RAM dinámica (DRAM) dispositivos, dispositivos de memoria flash, dispositivos de RAM estática (SRAM), etc.

La memoria secundaria 1110 puede incluir, por ejemplo, (pero sin limitarse a ellos) una unidad de disco duro o unidad de estado sólido como dispositivo de almacenamiento 1112 y/o una unidad de almacenamiento extraíble 1114, que representa una unidad de disquete, una unidad de cinta magnética, una unidad de disco óptico, un CD-ROM de una unidad de disco compacto, una memoria flash, etc. La unidad de almacenamiento extraíble 1114 puede, p.ej., leer y/o escribir en una unidad de almacenamiento extraíble 1118 de forma conocida manera. La unidad de almacenamiento extraíble 1118, también llamada dispositivo de almacenamiento de programa o producto de programa de computadora, puede representar, por ejemplo, pero sin limitarse a ellos, un disquete, una cinta magnética, un disco óptico, un disco compacto, etc., que puede leerse y escribirse para la unidad de almacenamiento extraíble 1114. Tal como podrá apreciarse, la unidad de almacenamiento extraíble 118 puede incluir un medio de almacenamiento utilizable por el ordenador que tiene almacenado el software informático y/u otros datos.

En realizaciones ilustrativas alternativas, la memoria secundaria 1110 puede incluir otros dispositivos similares para permitir cargar programas informáticos u otras instrucciones en el sistema informático 1100. Dichos dispositivos pueden incluir, por ejemplo, una unidad de almacenamiento extraíble 1122 y una interfaz 1120. Entre sus ejemplos se incluyen un cartucho de programas y una interfaz de cartucho (como, p.ej., pero sin limitarse a ellos, los que se encuentran en los dispositivos de video juegos), un chip de memoria extraíble (como, p.ej., pero sin limitarse a ellos, una memoria solo lectura programable borrable (EPROM), o una memoria solamente lectura programable (PROM) y una conexión asociada, y otras unidades de almacenamiento extraíbles 1122 e interfaces 1120, que pueden permitir transferir el software y los datos desde la unidad de almacenamiento extraíble 1122 al sistema informático 1110. La memoria principal 1109 y/o la memoria secundaria 1110 pueden contener al menos instrucciones no transitorias

para realizar los flujos de trabajo que se describen en las Figuras 9-10, por ejemplo.

El ordenador 1100 también puede incluir un dispositivo de entrada 1103 que puede incluir cualquier mecanismo o combinación de mecanismos que permitan la entrada de información en el sistema informático 1100, por ejemplo, desde un usuario. El dispositivo de entrada 1103 puede incluir un control lógico configurado para recibir información para el sistema informático 1100, p.ej., desde un usuario. Los ejemplos del dispositivo de entrada 1103 pueden incluir, p.ej., un ratón, un dispositivo señalador basado en un lápiz u otro dispositivo señalador, como un digitalizador, un dispositivo de pantalla sensible al tacto y/o un teclado u otro dispositivo de entrada de datos (ninguno de los cuales está etiquetado). Otros dispositivos de entrada 1103 pueden incluir, por ejemplo, un dispositivo de entrada biométrico, una fuente de video, una fuente de audio, un micrófono, un sensor inercial como un acelerómetro o un giroscopio, un magnetómetro, una cámara web, un video cámara, y/u otras cámaras 100.

El ordenador 1100 también puede incluir dispositivos de salida 1115 que pueden incluir cualquier mecanismo o combinación de mecanismos que puedan emitir información desde el sistema informático 1100. El dispositivo de salida 1115 puede incluir un control lógico configurado para emitir información desde el sistema informático 1100. Las realizaciones del dispositivo de salida 1115 pueden incluir, p.ej., pero sin limitarse a ellos, la pantalla 230 y la interfaz de pantalla 1102, incluyendo pantallas, impresoras, altavoces, tubos de rayos catódicos (CRT), pantallas de plasma, pantallas de diodos emisores de luz (LED), pantallas de cristal líquido (LCD), impresoras, vacío pantallas fluorescentes (VFD), pantallas de emisión de electrones de conducción de superficie (SED), pantallas de emisión de campo (FED), etc. El ordenador 1100 puede incluir dispositivos de entrada/salida (I/O) como, p.ej., (pero sin limitarse a ellos) un dispositivo de entrada 1103, interfaz de comunicaciones 1124, cable 1128 y ruta de comunicaciones 1126, etc. Estos dispositivos pueden incluir, p.ej., pero sin limitarse a ellos, una tarjeta de interfaz de red y/o módems.

La interfaz de comunicaciones 1124 puede permitir que el software y los datos se transfieran entre el sistema informático 1100 y los dispositivos externos.

En el presente documento, las expresiones "medio de programa informático" y "medio legible por ordenador" pueden utilizarse generalmente para referirse a medios como, p.ej., pero sin limitarse a ellos, un dispositivo de almacenamiento 1114, un disco duro o un disco en estado sólido instalado en el dispositivo de almacenamiento 1112, memorias flash, discos extraíbles, discos no extraíbles, etc.,. Por otra parte, debe señalarse que pueden codificarse varios medios de radiación electromagnética, como comunicación inalámbrica sobre otros medios de cable eléctricamente conductor (p.ej., pero sin limitarse a ellos un par retorcido, CAT5, etc.) o un medio óptico (p.ej., pero sin limitarse a ellos, fibra óptica), y similares, para transportar las instrucciones ejecutadas por el ordenador y/o los datos informáticos que forman la realización de la invención p.ej., en una red de comunicaciones. Estos productos de programas informáticos pueden proporcionar software al sistema informático 1200. Debe observarse que un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables por computadora para su ejecución en un procesador puede configurarse para almacenar varias realizaciones de la presente invención. Las referencias a "una realización", "cierta realización", "realización ilustrativa", "diversas realizaciones", etc., pueden indicar que la(s) realización(es) de la invención así descritas pueden incluir una característica, estructura o característica particular, pero no todas las realizaciones incluyen necesariamente la característica, estructura o característica particular.

Asimismo, el uso repetido de las frases "en una realización", o "en una realización ilustrativa", no se refieren necesariamente a la misma realización, aunque pueda ser así. Las diversas realizaciones descritas en el presente documento pueden combinarse y/o las características de las realizaciones pueden combinarse para formar nuevas realizaciones.

A no ser que se especifique lo contrario, tal como se puede deducir de las explicaciones a continuación, se podrá apreciar que a lo largo de las explicaciones de la memoria descriptiva en las que se utilizan términos como "procesamiento", "computación", "cálculo", "determinación" o similares, éstos se refieren a la acción y/o procesos de un ordenador o sistema informático, o dispositivo informático electrónico similar, que manipulan y/o transforman datos representados como cantidades físicas, como puedan ser electrónicas, dentro de los registros y/o memorias del sistema informático en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas dentro de las memorias, registros u otros dispositivos de almacenamiento, transmisión o despliegue en pantalla del sistema informático.

De manera similar, el término "procesador" puede referirse a cualquier dispositivo o porción de un dispositivo que procesa datos electrónicos de registros y/o memorias para transformar esos datos electrónicos en otros datos electrónicos que pueden almacenarse en registros y/o memorias. Una "plataforma informática" puede comprender uno o más procesadores.

Las realizaciones pueden ponerse en práctica de muchas maneras diferentes como componente de software. Por ejemplo, puede ser un paquete de software independiente, o puede ser un paquete de software incorporado como una "herramienta" en un producto de software más grande, como, por ejemplo, un producto de modelado científico. Puede descargarse desde una red, por ejemplo, un sitio web, como un producto independiente o como un paquete complementario para la instalación en una aplicación de software existente. También puede estar disponible como una aplicación de software cliente-servidor, o como una aplicación de software habilitada para la

web. También puede ser parte de un sistema para detectar la cobertura y la capacidad de respuesta de la red. Puede especializarse un ordenador de propósito general almacenando el control lógico de programación que permite a uno o más procesadores realizar las técnicas indicadas en el presente documento y las etapas, por ejemplo.,

- 5 Las realizaciones de la presente invención pueden incluir aparatos para realizar las operaciones del presente documento. Un aparato puede construirse especialmente para los fines deseados, o puede comprender un dispositivo de propósito general activado o reconfigurado selectivamente por un programa almacenado en el dispositivo.

- 10 Si bien se han descrito varias realizaciones de la presente invención, debe entenderse que se han presentado solo a modo de ejemplo y no como limitación. Por lo tanto, la amplitud y el ámbito de la presente invención no deberían estar limitados por ninguna de las realizaciones ilustrativas descritas, sino que deberían definirse solo de acuerdo con las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para guía de imágenes que comprende:

un sistema de procesamiento de imágenes (110);
 un primer módulo de creación de imágenes, que incluye una o más cámaras (100) en comunicación con el sistema de procesamiento de imágenes (110), en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado para:

recibir datos de imagen secundaria (170) desde un dispositivo de creación de imágenes secundarias (340);
 segmentar dichos datos de imagen secundaria para determinar una primera superficie de interés (270);
 recibir datos de creación de imágenes en tiempo real desde el primer módulo de creación de imágenes, en el que los datos de creación de imágenes en tiempo real se obtienen a través de una o más cámaras (100) y en el que los datos de creación de imágenes en tiempo real del primer módulo de creación de imágenes se obtiene mediante una o más cámaras (100) e incluye imágenes de una segunda superficie de interés (350) y al menos uno entre los siguientes: uno o más marcadores precoces (220) y uno o más marcadores tardíos (220), en el que cada uno de los marcadores precoces, si los hay, está unido o asociado directamente a un paciente (150) en el momento en el que se generan los datos de imagen secundaria (170) y en el que cada uno de los marcadores tardíos, si los hay, está unido o directamente asociado con el paciente en el momento en el que se generan los datos de creación de imágenes en tiempo real;
 identificar un marcador ancla (190, 290) a partir de los marcadores precoces o los marcadores tardíos (220), en el que el marcador ancla (190, 290) proporciona un punto y una orientación de la primera superficie de interés (270) o la segunda superficie de interés (350);
 calcular una transformación de registro de la primera superficie de interés (270) en relación con la segunda superficie de interés (350) utilizando el marcador ancla (190, 290) y, opcionalmente, uno o más entre los siguientes: la pluralidad de marcadores precoces o tardíos (220), o la segunda superficie de interés (350);
caracterizándose dicho sistema de procesamiento de imágenes **porque** está configurado además para:

calcular un emplazamiento de rastreo del primer módulo de creación de imágenes en relación con la primera superficie de interés (270) utilizando el marcador ancla y opcionalmente uno o más entre: la pluralidad de marcadores precoces o tardíos (220), la segunda superficie de interés (350) o características de la segunda superficie de interés (350); y
 crear una imagen mejorada (810) combinando información de los datos de creación de imágenes en tiempo real con la información correspondiente computada a partir de los datos de imagen secundaria (170) sobre la base del emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes.

2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además

una pantalla (230) en comunicación con el sistema de procesamiento de imágenes, y en el que dicho sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para: desplegar en pantalla la imagen mejorada, preferentemente, en el que la pantalla comprende al menos uno entre: una tableta y un teléfono inteligente.

3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para:

i) calcular un emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes en relación con la pantalla utilizando uno o más entre: una pluralidad de marcadores unidos a la pantalla o características de la pantalla; y
 crear una imagen mejorada combinando la información de los datos de creación de imágenes en tiempo real con la información de uno o más de los segmentos de imagen secundaria correspondientes sobre la base del emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes y la pantalla y/o
 ii) en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para:

calcular, recibir o extraer de los datos de imagen secundaria un emplazamiento propuesto para la colocación de un marcador ancla tardío en la primera superficie de interés; y
 desplegar en la pantalla la primera superficie de interés y el emplazamiento propuesto para el marcador ancla tardío, en el que el marcador de ancla tardío se coloca en la segunda superficie de interés sobre la base del emplazamiento propuesto en la primera superficie de interés.

4. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado para comunicarse con componentes adicionales remotos del sistema para uno o más entre: computación, almacenamiento de datos o transmisión de datos.

5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que:

i) la imagen mejorada incluye combinaciones de uno o más entre: radiografías reconstruidas digitalmente, reconstrucciones de varios planos, imágenes del primer módulo de creación de imágenes rastreado e imágenes correspondientes computadas a partir de los datos de imágenes secundarias, herramientas en emplazamientos calculados sobre la base de las observaciones de la cámara y emplazamientos objetivos recibidos desde uno o

- más objetivos predefinidos a partir de los datos de imagen secundarios o directamente del operador,
- ii) en el que uno o más de los marcadores precoces están incluidos en los datos de imágenes secundarias y en el que el sistema de procesamiento de imágenes se configura además para segmentar automáticamente uno o más de los marcadores precoces,
- 5 iii) en el que uno o más de los marcadores secundarios precoces están incluidos en los datos de imágenes secundarias y en el que el sistema de procesamiento de imágenes se configura además para computar automáticamente correspondencias entre el uno o más marcadores secundarios precoces y las imágenes de la pluralidad de marcadores precoces y tardíos a partir de los datos de creación de imágenes en tiempo real del primer módulo de creación de imágenes.
- 10 iv) en el que uno o más de los marcadores precoces están incluidos en los datos de imágenes secundarias, en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para: registrar la primera superficie de interés con la segunda superficie de interés utilizando inicialmente marcadores precoces o tardíos conocidos sobre la superficie de interés tanto primera como segunda y a continuación, refinar un registro inicial utilizando la segunda superficie, y/o
- 15 v) en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para: calcular una deformación de la primera superficie de interés debido a una deformación observada o estimada aplicada a uno o más entre: la segunda superficie de interés, o la pluralidad de marcadores precoces y tardíos; aplicándose dicha deformación mediante uno o más entre: el primer módulo de creación de imágenes, una herramienta u otros objetos en contacto con la segunda superficie de interés.
- 20 6. El sistema de la reivindicación 5, en el que
- i) el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para:
- recibir una selección de emplazamientos objetivo desde uno o más objetivos preseleccionados en los datos de imágenes secundarias o directamente desde un operador y
- 25 recalcular posiciones de los objetivos sobre la base de la deformación aplicada a la primera superficie de interés, y/o
- ii) en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para: crear una imagen deformada mejorada combinando la información de los datos de creación de imágenes en tiempo real con la información de uno o más segmentos de imágenes secundarias correspondientes sobre la base del emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes, al tiempo que se aplica la deformación calculada a la información.
- 30 7. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además: un dispositivo sensor, en el que el dispositivo sensor está configurado para proporcionar estimaciones de orientación y traslación en curso del dispositivo sensor si uno o más de la pluralidad de marcadores precoz y tardío no es visible por una de las cámaras, preferentemente, en el que el dispositivo sensor comprende al menos uno entre un
- 35 acelerómetro, un giroscopio o un magnetómetro, y/o en el que el dispositivo sensor está acoplado a uno más entre: el primer módulo de creación de imágenes o a una pantalla en comunicación con el sistema de procesamiento de imágenes.
8. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sistema de procesamiento de imágenes está configurado además para:
- 40 i) reconstruir sucesivamente la segunda superficie de interés y emplazamientos relativos de la pluralidad de marcadores precoces y tardíos sobre la base de los datos de creación de imágenes en tiempo real y/o
- ii) determinar una configuración deficiente de los marcadores precoces o tardíos sobre la base de uno o más entre: las imágenes recibidas de los marcadores precoces y tardíos, la información superficial extraída de los datos de imágenes secundarias, los datos de imágenes secundarias o emplazamientos objetivos;
- 45 calcular una configuración mejorada para marcadores tardíos de la pluralidad de marcadores precoces y tardíos, en el que la configuración mejorada se basa en uno o más entre: emplazamientos del marcador ancla, emplazamientos de otros marcadores precoces y tardíos, imágenes de la segunda superficie de interés; datos de imágenes secundarias o emplazamientos objetivo; y transmitir la configuración mejorada.
- 50 9. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que
- i) el marcador ancla o la pluralidad de marcadores precoces y tardíos comprende al menos un entre etiquetas auto identificables, marcadores multi-modalidad, bandas de marcadores, láminas de diseño, ropa de diseño, características anatómicas naturales, características de la piel o el cabello y/o
- 55 ii) en el que el primer módulo de creación de imágenes, incluye además uno o más sensores secundarios, incluyendo el uno o más sensores secundarios al menos uno entre: una sonda de ultrasonido, una sonda SPECT, un oxímetro, o un dispositivo óptico de visualización de vasos, preferentemente, en el que una o más de las cámaras está desacoplada físicamente del uno o más sensores secundarios.

10. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que

- i) la una o más cámaras comprende cámaras ópticas, cámaras de infrarrojo, cámaras sensibles a UV, sensores de campo de luz, cámaras plenópticas o cámaras catadióptricas, y/o
- ii) los datos de imágenes secundarias comprenden datos de uno o más entre: una exploración de TC, una exploración CBCT, una imagen de rayos X, una imagen de fluoroscopio, una exploración de IRM, una exploración PET o una exploración SPECT.

11. Un procedimiento de navegación que comprende:

recibir, a través de uno o más procesadores de imágenes, imágenes secundarias (170) desde un dispositivo de creación de imágenes secundarias (340);

segmentar, a través de uno o más procesadores de imágenes, dichas imágenes secundarias para determinar una primera superficie de interés (270);

recibir, a través de uno o más procesadores de imágenes, datos de creación de imágenes en tiempo real desde el primer módulo de creación de imágenes, incluyendo datos visuales de una cámara (100), en el que los datos visuales incluyen imágenes de una segunda superficie de interés (350) y al menos uno entre los siguientes: uno o más marcadores precoces (220) y uno o más marcadores tardíos (220), en el que cada uno de los marcadores precoces, si los hay, está unido o asociado directamente a un paciente (150) en el momento en el que se generan los datos de imagen secundaria (170) y en el que cada uno de los marcadores tardíos, si los hay, está unido o directamente asociado con el paciente en el momento en el que se generan los datos de creación de imágenes en tiempo real;

identificar, a través de uno o más procesadores de imágenes, un marcador ancla (190, 290) a partir de los marcadores precoces o los marcadores tardíos (220), en el que el marcador ancla (190, 290) proporciona un punto y una orientación de la primera superficie de interés (270) o la segunda superficie de interés (350);

registrar, a través de uno o más procesadores de imágenes, la primera superficie de interés con la segunda superficie de interés utilizando el marcador ancla y, opcionalmente, uno o más entre: la pluralidad de marcadores precoces o tardíos (220), o la segunda superficie de interés (350); **caracterizándose** dicho procedimiento por comprender además las etapas de :

calcular, a través de uno o más procesadores de imágenes, un emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes en relación con la primera superficie de interés utilizando el marcador ancla y opcionalmente uno o más entre: la pluralidad de marcadores precoces o tardíos, la segunda superficie de interés o características de la segunda superficie de interés; y

crear, a través de uno o más procesadores de imágenes, imágenes mejoradas (810) combinando los datos de creación de imágenes en tiempo real del módulo de creación de imágenes con las imágenes secundarias correspondientes (170) a partir del segundo dispositivo de creación de imágenes sobre la base del emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes.

12. El procedimiento de navegación de la reivindicación 11, que comprende además: desplegar las imágenes mejoradas en una pantalla.

13. El procedimiento de navegación de la reivindicación 12, que comprende además:

calcular, a través de uno o más procesadores, un emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes, en relación con la pantalla utilizando uno o más entre: una pluralidad de marcadores unidos a la pantalla, o características de la pantalla; y

crear, a través de uno o más procesadores, imágenes mejoradas combinando los datos de creación de imágenes en tiempo real del primer módulo de creación de imágenes con las imágenes secundarias correspondientes del dispositivo de imágenes secundarias sobre la base del emplazamiento del primer módulo de creación de imágenes y la pantalla; y

desplegar en pantalla las imágenes mejoradas.

14. El procedimiento de navegación de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13 que comprende además:

i) calcular, a través de uno o más procesadores, un emplazamiento indicado para la colocación de un marcador ancla tardío en la primera superficie de interés; y desplegar, en una pantalla, la primera superficie de interés y el emplazamiento indicado para el marcador ancla tardío;

ii) segmentar automáticamente los marcadores precoces incluidos en los datos de imagen secundaria,

iii) computar automáticamente las correspondencias entre los marcadores precoces contenidos en los datos de imagen secundaria y la pluralidad de los marcadores secundarios precoces y tardíos observados por el primer módulo de creación de imágenes y/o

iv) calcular una deformación de la primera superficie de interés sobre la base de los datos de creación de imágenes en tiempo real desde el primer módulo de creación de imágenes o los datos visuales en tiempo real de la cámara; y modificar las imágenes secundarias y objetivos sobre la base de la deformación calculada.

15. El procedimiento de navegación de la reivindicación 14, que comprende además:

- 5 segmentar a través de uno o más procesadores dichas imágenes secundarias modificadas para determinar una primera superficie de interés modificada, y registrar a través de uno o más procesadores la primera superficie de interés modificada con la segunda superficie de interés secuencialmente utilizando uno o más entre: el marcador ancla precoz o tardío, la pluralidad de marcadores secundarios precoces y tardíos, características de la segunda superficie de interés, o la segunda superficie de interés.

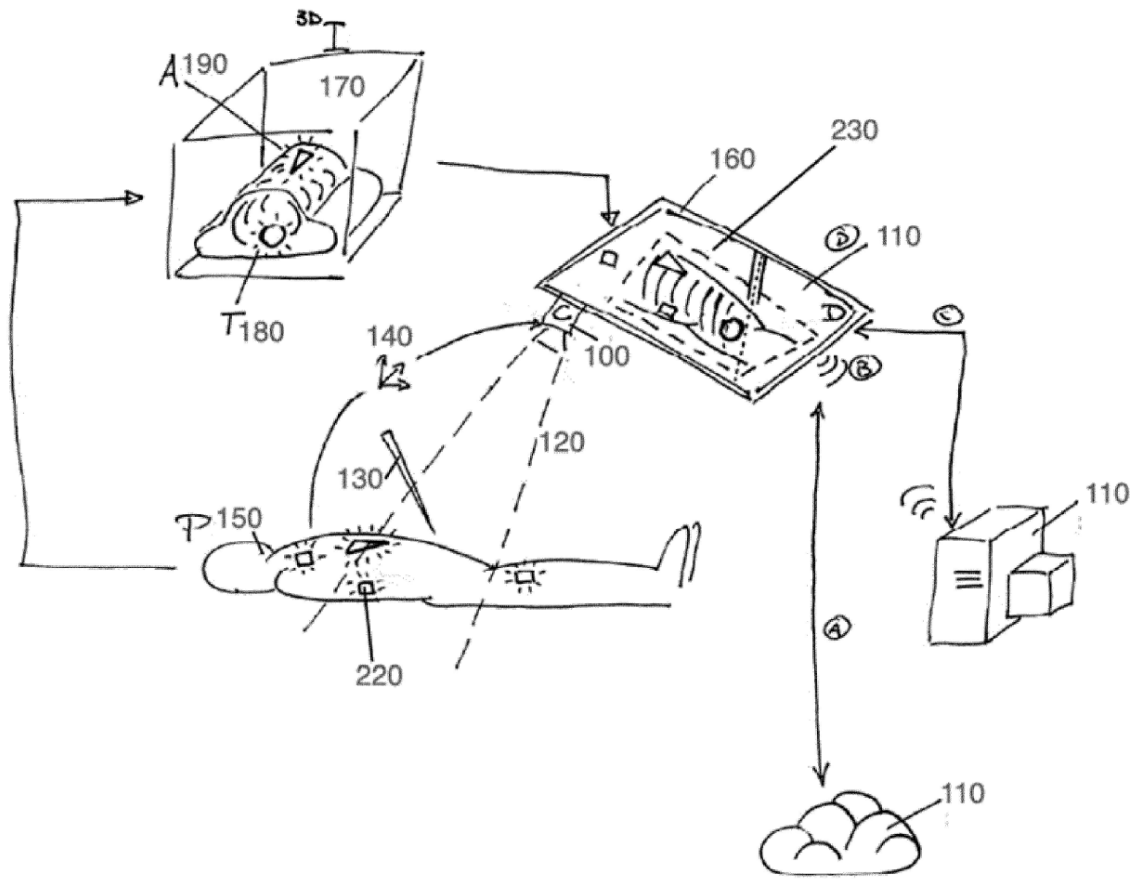


FIG. 1

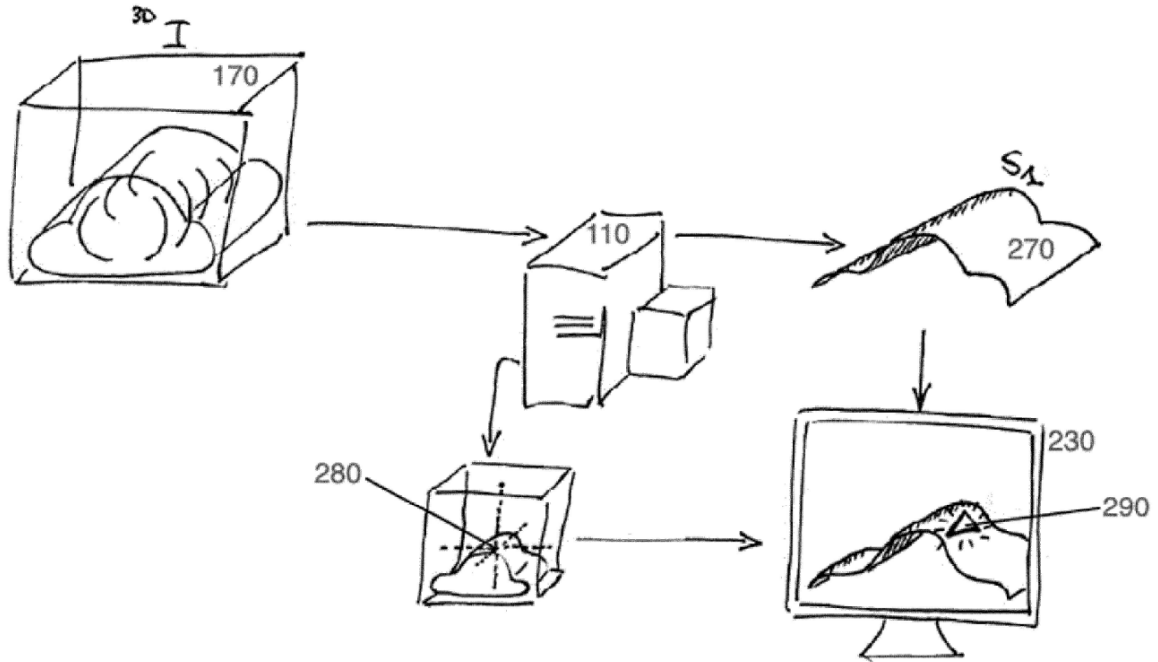


FIG. 2

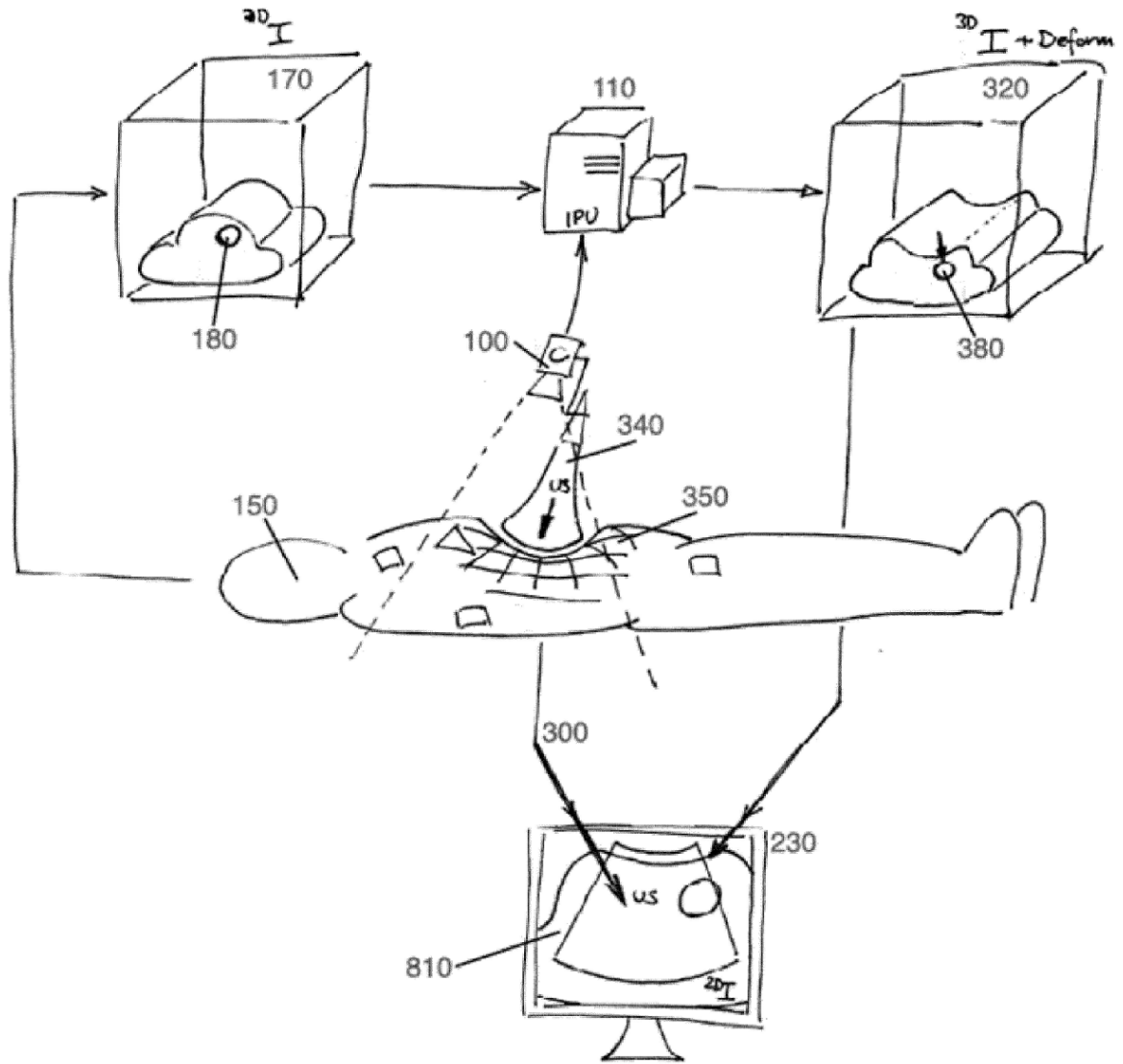


FIG. 3

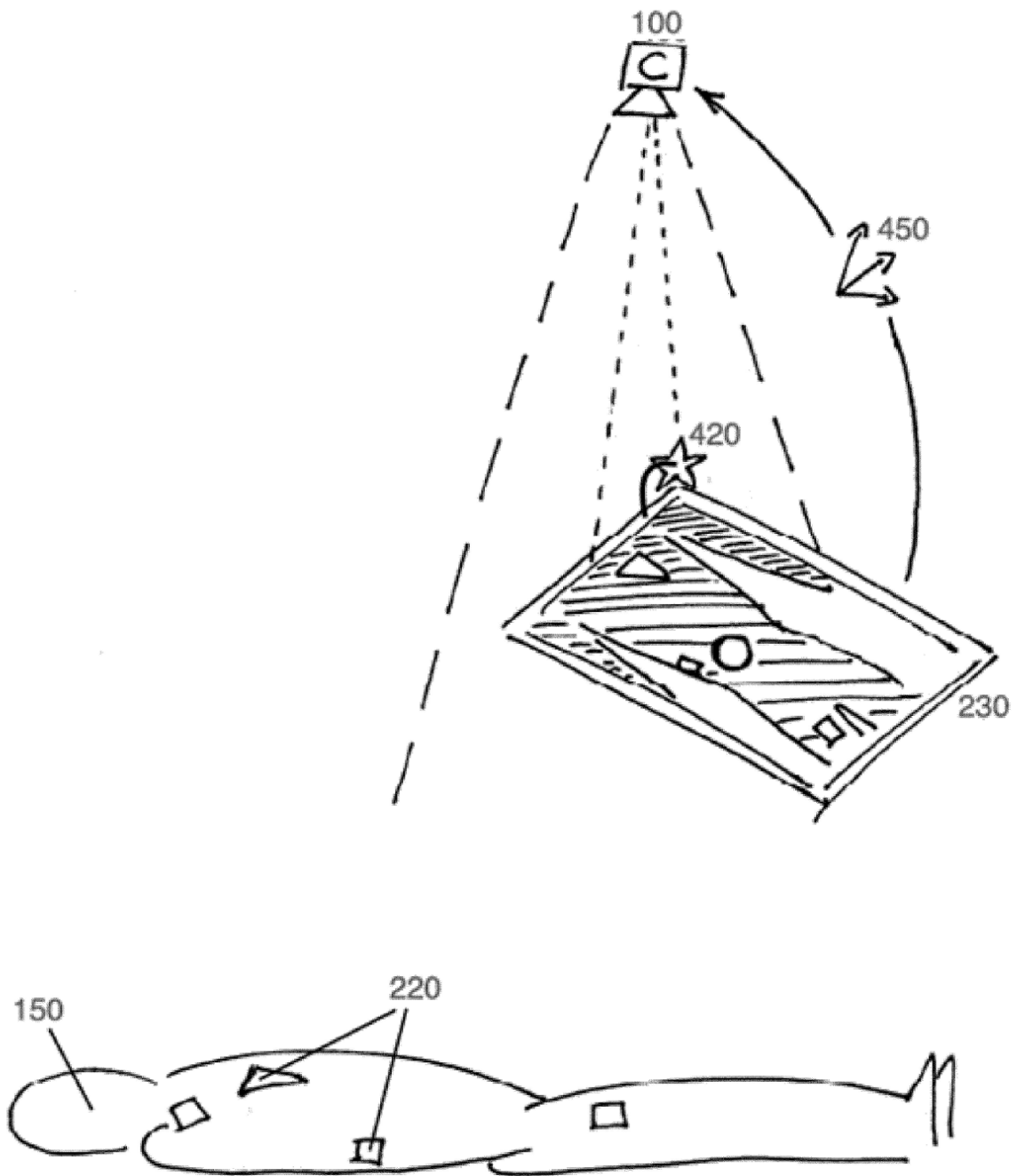


FIG. 4

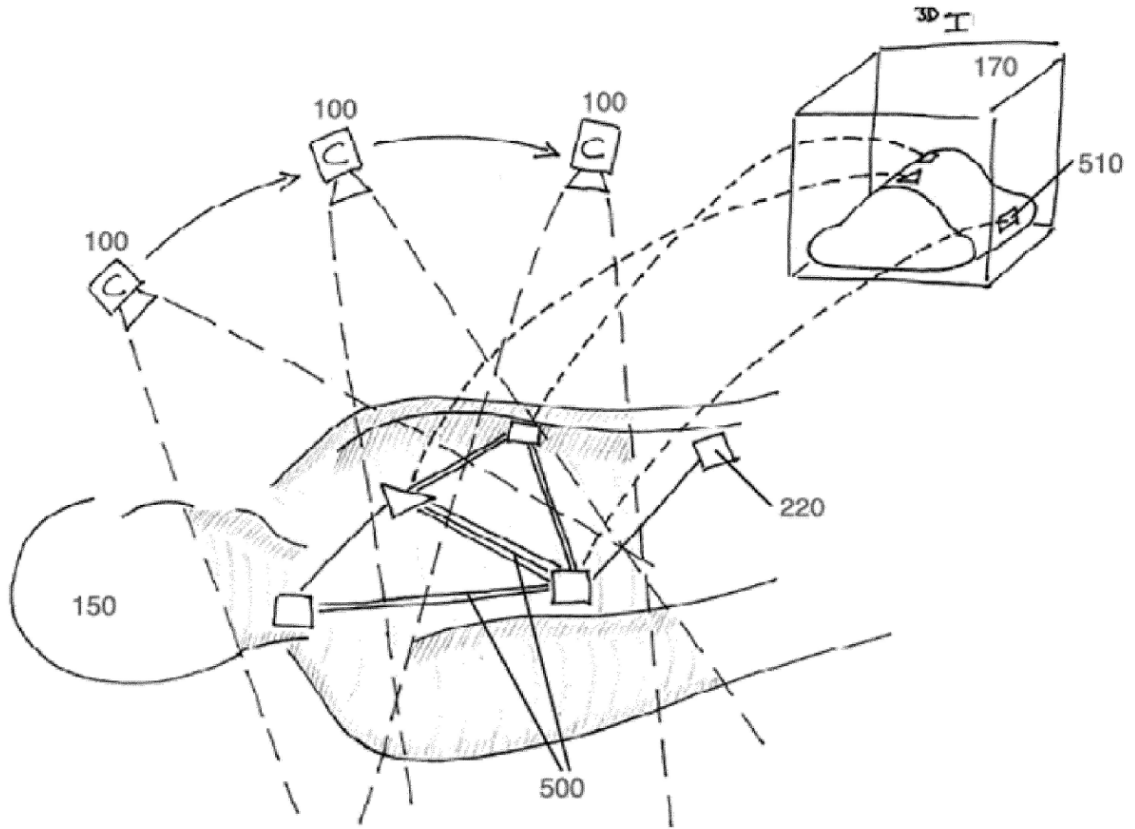


FIG. 5

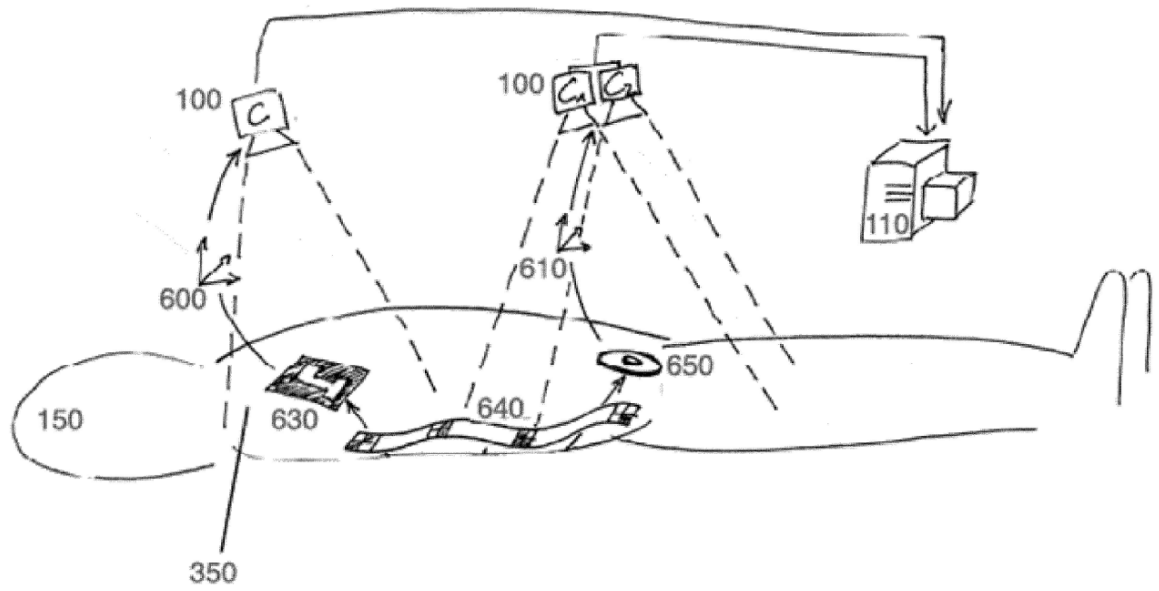


FIG. 6

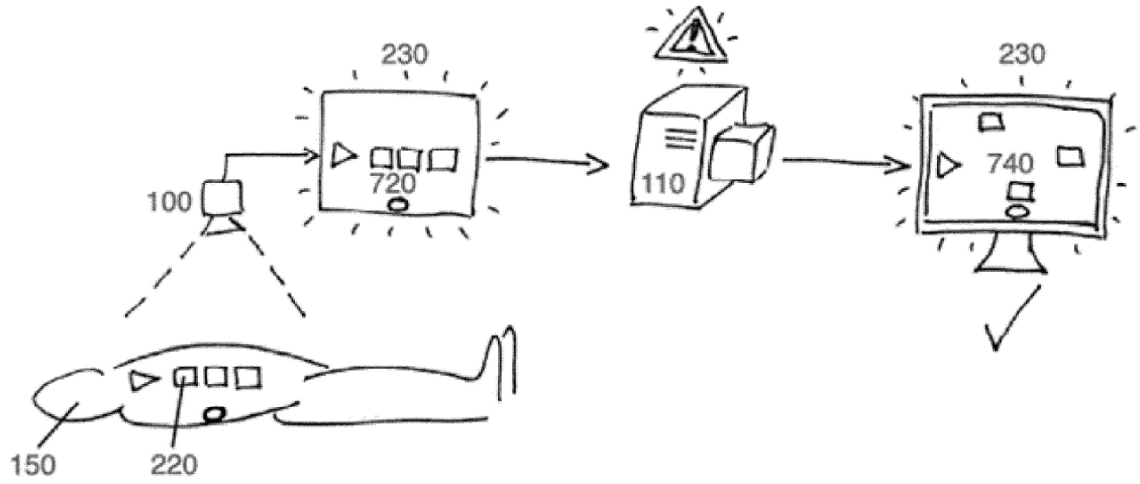


FIG. 7

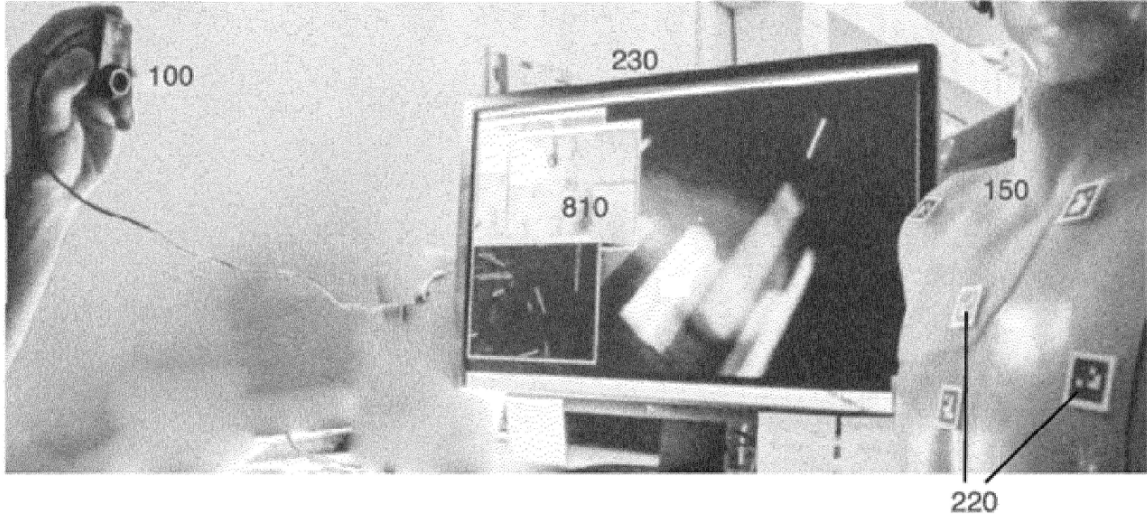


FIG. 8

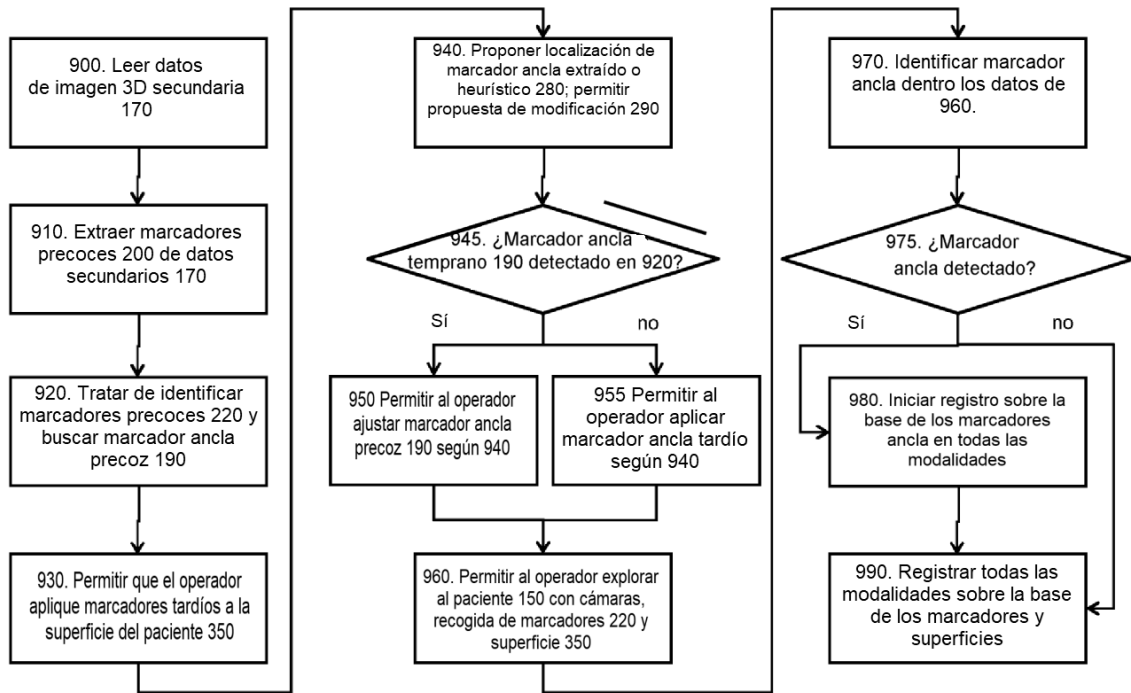


FIG. 9

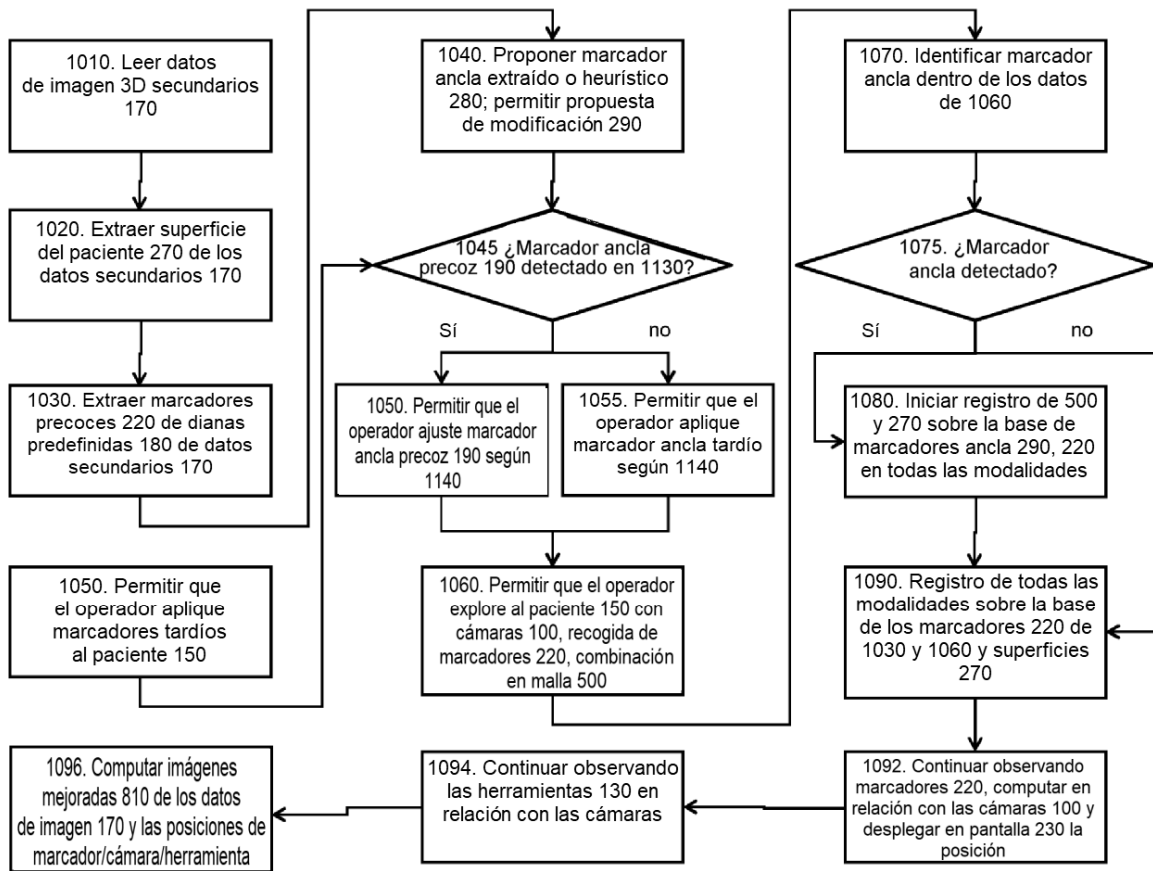


FIG. 10

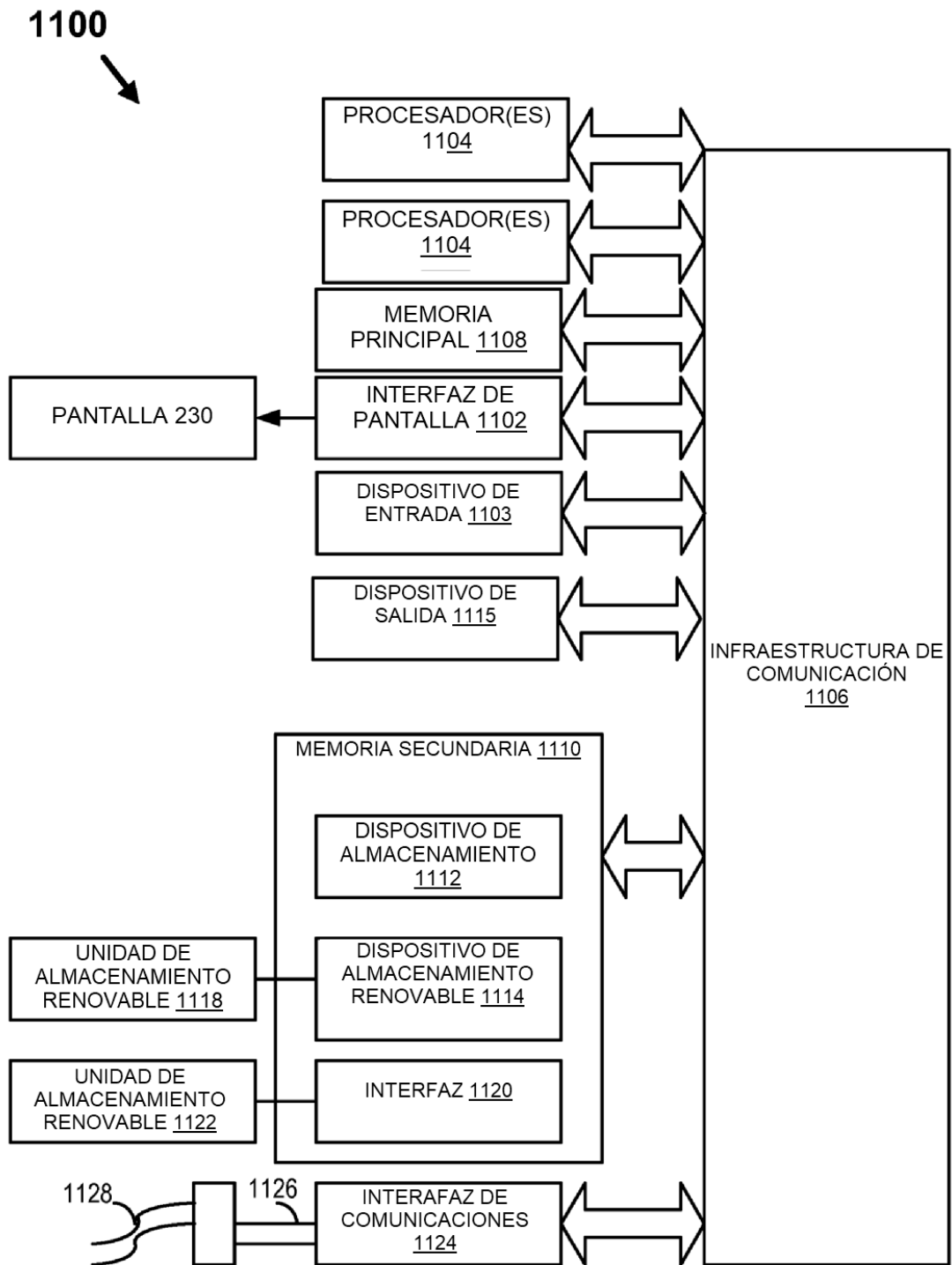


FIG. 11