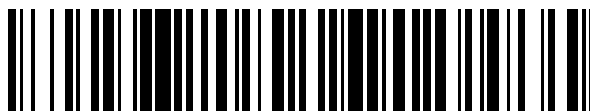


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 321**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2012** **E 12711001 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015** **EP 2734977**

54 Título: **Sistema y método para optimizar un sistema de seguimiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.10.2015

73 Titular/es:

**ASELSAN ELEKTRONIK SANAYI VE TICARET
ANONIM SIRKETI (100.0%)
Mehmet Akif Ersoy Mahallesi, 296. Cadde No: 16
Macunkoy
Ankara, TR**

72 Inventor/es:

**YAGCIOGLU, MUSTAFA;
YAVUZ, ERKAN;
YILMAZ, OZGUR y
SANDIKCI, SELCUK**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 547 321 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 método para optimizar un sistema de seguimiento

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo del cálculo y la simulación y abarca métodos para optimizar las posiciones de marcadores fiduciales en los sistemas de seguimiento de objetos ópticos, simulando la visibilidad.

10 Antecedentes de la invención

Se sabe que hay métodos y modelos para realizar el seguimiento de un objeto tridimensional en un entorno y calcular su posición y su orientación (postura) con respecto a un sistema de coordenadas predeterminado. Estos tipos de sistemas de seguimiento se usan, por ejemplo, en aeronaves para determinar la orientación de la cabeza del piloto. Una vez que se adquiere la orientación con respecto al sistema de coordenadas de, por ejemplo, los dispositivos de visualización, entonces es posible, en consecuencia, generar gráficas en los mismos. Existen diferentes métodos para el seguimiento de un objeto en la escena usando medios magnéticos, mecánicos u ópticos. Actualmente, las relaciones espaciales de los objetos también pueden determinarse usando sensores magnéticos o rayos láser, pero la presente invención se refiere específicamente a los sistemas que usan seguidores basados en cámara (de tv de día, térmicos, de IR, de tiempo de vuelo, etc.).

En uno de los sistemas ópticos basados en cámara el piloto lleva un casco con patrones (marcadores fiduciales), y al menos una cámara de seguimiento determina la posición y la orientación del casco usando cálculos geométricos basados en estos patrones. Por lo tanto, la relación espacial de cálculo entre un objeto que tiene un patrón de seguimiento y una cámara se conoce bien en el estado de la técnica. A lo largo del documento, siempre que se mencione una relación espacial, debe entenderse que significa la relación entre un sistema de referencia predeterminado de la entidad con respecto a los de las otras. La determinación de la posición y la orientación de una entidad usando fiduciales se denomina problema de estimación de postura y puede exponerse de la siguiente manera: dado un conjunto de N correspondencias de características entre los puntos tridimensionales (3D) de un objeto y la proyección bidimensional (2D) de ese objeto sobre el plano de la imagen, encontrar la rotación y la traslación del objeto con respecto al sistema de referencia de la cámara. El objetivo es encontrar la rotación y la traslación entre la cámara y el objeto 3D, de manera que se conozca la localización y la orientación del objeto 3D. Este sistema de referencia se basa, en general, en el patrón respectivo de un objeto bajo consideración. Puesto que la posición y la orientación de la cámara de seguimiento con respecto a los otros sistemas de coordenadas se conocen (o pueden calcularse o medirse) en un sistema de seguimiento, también es posible calcular la relación espacial del casco con el sensor de la cámara de seguimiento y, a continuación, con otros sistemas de coordenadas. En este contexto, "objeto a seguir" significa un objeto que tiene un patrón de seguimiento (marcador fiducial) y al que se realiza un seguimiento por un sistema de seguimiento. Puede ser o bien un casco como en un sistema de seguimiento montado en el casco o cualquier otro objeto.

Los patrones usados en los sistemas de seguimiento basados en cámara son o bien patrones gráficos (generalmente en blanco y negro) (marcador pasivo) seguidos por cámaras de luz visible o matrices de fuentes de luz (por ejemplo, diodos emisores de luz o LED) (marcador activo). Estas fuentes de luz pueden elegirse para estar en el intervalo de infrarrojos del espectro electromagnético con una selección adecuada del conjunto de sensor y filtro de cámara. También son posibles otras disposiciones, pero la más conveniente entre las mismas es la que tiene los LED infrarrojos, ya que estos sistemas pueden funcionar en condiciones de iluminación inapropiadas. Las posiciones (localizaciones) de estos LED en el objeto a seguir deben determinarse atentamente para garantizar que se consigue un pequeño error de postura y que la cobertura es alta. Existen algunos métodos usados actualmente para determinar y optimizar las posiciones de los marcadores fiduciales. En uno de tales métodos usados, el número de fiduciales visibles y su ángulo relativo con respecto al sensor óptico se usa como una restricción para determinar las posiciones fiduciales óptimas. Este método está destinado a usarse en grandes áreas con marcas fiduciales y no puede aplicarse para optimizar las localizaciones fiduciales en un objeto a seguir en movimiento que se captura por una cámara estacionaria. Además, cuando se considera un sistema de seguimiento montado en el casco, la tendencia de movimiento del piloto también debe considerarse cuando se calcula la visibilidad fiducial. Además, los parámetros de estimación de postura usados por el algoritmo de estimación de postura no se tienen en cuenta en los métodos actuales, lo que afecta directamente a la precisión de salida del sistema.

Los métodos actuales no ofrecen una manera eficaz de simular las posiciones de cámara y fiduciales de un sistema de seguimiento para optimizar la precisión de estimación de postura del sistema por completo. Para proporcionar una solución a este problema, debe introducirse una nueva metodología que use nuevas etapas para determinar las posiciones fiduciales en un objeto a seguir, que se mueve en frente de una cámara estacionaria.

El documento de patente de Estados Unidos US2004239756, una aplicación en el estado de la técnica, desvela un método que usa una serie de fiduciales visibles y su ángulo relativo con respecto al dispositivo de captura como una restricción para determinar las posiciones fiduciales óptimas y calcular una postura delimitada de error.

Sumario de la invención

Un objetivo de la presente invención es simular las posiciones de cámara y fiduciales y los parámetros de algoritmo de estimación de postura de un sistema de seguimiento para optimizar el sistema.

Descripción detallada de la invención

Un sistema y un método realizados para alcanzar el objetivo de la presente invención se ilustran en las figuras adjuntas, en las que:

- La figura 1 es la vista esquemática del sistema de realización preferido.
- La figura 2 muestra la gráfica de una malla de posibles posiciones fiduciales en el objeto.
- La figura 3 muestra la gráfica del resultado de la rutina de optimización.
- La figura 4 es el diagrama de flujo del método preferido de la presente invención.

Los componentes ilustrados en las figuras se referencian de manera individual, haciendo los números y las letras referencia a lo siguiente:

- 1. Sistema para optimizar el sistema de seguimiento
- 2. Unidad de procesamiento
- 3. Dispositivo de entrada/salida
- 4. Unidad de memoria
- 100. Método para optimizar el sistema de seguimiento

Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) comprende fundamentalmente las etapas que se definen en la reivindicación 1.

En primer lugar, las posibles posiciones de los fiduciales activos en el objeto a seguir (por ejemplo, un casco para un sistema de seguimiento de cabeza con LED infrarrojos) se modelan matemáticamente para convertir el problema en un problema de optimización específico. Para representar un modelo matemáticamente, hay diversos métodos conocidos en la actualidad y un ejemplo muy básico puede ser la representación de cada posición en el objeto con una coordenada tridimensional. Es importante observar que estas coordenadas en la malla (modelo) se determinan con respecto a un sistema de coordenadas común y deben relacionarse con las posibles localizaciones de cámara. Al mismo tiempo, también deben introducirse los datos de postura que representan posibles posturas del objeto a seguir en condiciones de funcionamiento. En una configuración preferida de la presente invención, estos datos se adquieren usando unidades de medición inercial (IMU) colocadas en el objeto real en condiciones de funcionamiento reales y los movimientos de los objetos se registran para usarse como los datos de postura. Otra opción es usar una configuración de estimación de postura basada en óptica con muchas cámaras de alta resolución que sea capaz de generar datos de postura precisos y completos y marcadores activos montados en el objeto a seguir. Este sistema de adquisición de datos es diferente del actual, por lo que se espera adquirir de manera más precisa y completa la postura del objeto en condiciones de funcionamiento reales. Estos datos son de nuevo específicos y representan muchas posturas posibles del objeto en diversos escenarios de movimiento. Como se ha indicado, estos datos deben considerarse en los cálculos para simular de manera eficaz las condiciones de funcionamiento reales. A modo de ejemplo, estos representan el movimiento de cabeza de un piloto en una aeronave que usa un sistema de seguimiento de cabeza.

En el caso de una aeronave, se conoce generalmente la cabina (o sala) en la que operará el seguidor de cabeza, y la o las cámaras pueden localizarse virtualmente dentro del modelo 3D de cabina con respecto a la posición de cabeza nominal de la persona de interés (es decir, el piloto). Esto puede usarse para generar la base de datos de posturas que utilizará la optimización. Incluso, aunque hay límites mecánicos y de sistema relacionados en las localizaciones de cámara, hay un margen para que puedan colocarse las cámaras y se estudiará la localización óptima usando las salidas del algoritmo de optimización propuesto.

Conociendo las posiciones espaciales relativas del objeto a seguir y la cámara, es posible trasladar y rotar la malla usando matemáticamente los datos de postura de entrada y pueden calcularse las visibilidades de los fiduciales. En la siguiente etapa (102), se calcula la visibilidad de cada nodo de la malla desde todas las cámaras gráficas para cada postura y se genera una lista de valores de visibilidad que representa cada nodo. El valor de visibilidad representa la cantidad de veces que un nodo ha sido visible desde al menos una cámara gráfica, teniendo en cuenta todos los datos de postura. La visibilidad desde cualquier cámara se cuenta una sola vez por postura. Cuando hay más de una cámara en el sistema de estimación de posturas real, una posición en la malla debe ser visible desde al menos una cámara, para contarse como visible; y se eliminan múltiples visibilidades desde diferentes ventanas gráficas.

En una configuración preferida, se usa un modelo de oclusión para estimar la visibilidad de los puntos de modelo 3D (marcadores activos) que vienen dados por la postura (Davis et al. "A Method for Designing Marker-Based Tracking Probes", 2004). Está basado en la técnica de seguimiento de rayos desarrollada en gráficos por ordenador. En el

caso de los fiduciales de LED, el cálculo de visibilidad se basa en la normal del LED con respecto al sistema de coordenadas del objeto, el ángulo cónico de iluminación de los LED y la postura conocida de la cabeza. El ángulo entre la normal del LED y la normal del plano de cámara en el sistema de coordenadas de cámara define el grado de perpendicularidad con el que el LED se dirige hacia la cámara (ángulo de dirección de LED). El ángulo cónico de iluminación del LED define un umbral de ángulo de dirección de LED mínimo para que el LED sea visible para la cámara. Para una postura determinada, puede calcularse el ángulo de dirección de LED para cada LED para determinar su visibilidad. La normal del marcador con respecto al sistema de coordenadas de objeto, el ángulo cónico de iluminación del marcador y la postura conocida del objeto pueden aplicarse de manera equivalente a cualquier sistema de seguimiento de marcador activo.

A continuación, el nodo con el recuento de visibilidad más alto se selecciona como un nodo de colocación de marcador activo en una etapa (103). El nodo con el recuento de visibilidad más alto, que no se ha determinado como un nodo de marcador anteriormente, se selecciona ya que es visible para la mayoría de la o las posiciones de cámara y los datos de postura determinados. Este nodo representará una posición de colocación de marcador. Tras la colocación del marcador, los nodos que están más cerca del nodo seleccionado que un umbral de supresión no máxima se eliminan en una etapa (104) para evitar la selección de un nodo muy cercano en la siguiente iteración.

Con el fin de concluir el proceso de colocación de marcador, el algoritmo requiere que un porcentaje predeterminado (por ejemplo X) de las posturas tengan al menos un número predeterminado (por ejemplo K) de marcadores colocados visibles. En esta etapa, se calcula el número total de marcadores (seleccionados y colocados hasta ahora) que son visibles para cada postura para inspeccionar qué posturas superan un límite de marcador K. A medida que avanza la colocación del marcador, se espera que en algún número de marcadores, el X por ciento de las posturas tenga al menos un número K de marcadores visibles. Sin embargo, si durante este proceso una postura cumple esta condición, esta postura debe excluirse de la base de datos de posturas. Esto garantizará que, en el análisis de visibilidad de marcador de malla, la clasificación de localizaciones de marcador se ejecute para las posturas que aún tienen un número insuficiente de marcadores visibles. Esta exclusión evita la colocación innecesaria de marcadores para las posturas que ya tienen un número suficiente de marcadores visibles.

Por lo tanto, la o las posturas que tienen un número predeterminado de nodos seleccionados se eliminan en la etapa (105) y la colocación de marcador se detiene si el porcentaje suficiente de todas las posturas tiene suficientes nodos seleccionados (106).

Cuando el procedimiento de colocación de marcador finaliza, después de que el porcentaje predeterminado de todas las posturas tenga al menos K marcadores, las coordenadas 3D de los nodos seleccionados (que se denominan árbol de marcador) se pasan al algoritmo de seguimiento de cabeza óptico. Los marcadores se proyectan sobre el plano de imagen para cada postura como si se estuvieran viendo desde cada cámara en la etapa (107). Además, estas imágenes de marcador 2D se pasan al algoritmo de estimación de postura que se usará en el sistema simulado. En el caso de los marcadores de LED, se representan como puntos en el plano 2D y se añade una determinada cantidad de ruido para generar una imagen de centroide de LED sintética en una configuración preferida. El algoritmo de estimación de postura estima la postura para las imágenes de marcador dadas (o imagen de coordenadas y de centroide de LED) de manera independiente para cada postura.

En la etapa (108), se comprueba la precisión y la cobertura (porcentaje de posturas que pueden estimarse con el algoritmo de estimación de postura) del algoritmo para la configuración de localización de cámara-árbol de marcador-algoritmo de estimación de postura. Se calcula el error de postura, y las posturas que el algoritmo no es capaz de calcular se aceptan como posturas ocultas. Puesto que se conocen las posiciones reales de los marcadores cuando los datos de malla y de localización de cámara entrantes se alimentan en primer lugar en la simulación, pueden usarse para determinar el error de postura comparándolos con los resultados del algoritmo de estimación de postura (datos reales sobre el terreno).

Se espera que una buena configuración de árbol de marcador tenga un pequeño error de postura y un pequeño porcentaje de posturas ocultas (la inversa de la cobertura de postura) con un número mínimo de marcadores. Hay muchos parámetros en la optimización de localización de marcador y la estimación de postura: localizaciones de cámara, campo de visión de las cámaras, ángulo de iluminación de LED (en el caso de un marcador de LED activo), K (mínimo de marcadores visibles para cada postura), umbral de distancia de supresión no-máxima, ruido de imagen en centroides, y muchos parámetros para el algoritmo de estimación de postura.

Este entorno de optimización y de simulación puede usarse para encontrar:

1. Localizaciones de cámara
2. Modelo 3D del objeto a través de los datos de malla
3. Conjunto de árbol de marcador y parámetros de optimización
4. Parámetros de estimación de postura.

Por lo tanto, es un entorno completo para el diseño de sistemas y algoritmos. Los parámetros se modifican sistemáticamente en una configuración preferida y se registran 3 salidas: error de postura, porcentaje de posturas

ocultas y número de marcadores colocados en la etapa (108). Puede implementarse el método completo con diferentes datos de entrada y algoritmos de estimación de postura para comparar sus resultados. La posición de los marcadores para cada conjunto de parámetros se emite y se registra con sus recuentos de marcador respectivos en una etapa (109). Los resultados de precisión y de cobertura de postura también se registran en esta etapa. Como el modelo de objeto a seguir, el espacio de postura y las posibles localizaciones de cámara cambian de acuerdo con los cambios en el sistema, los diseños de cabina o mecánicos (como en el ejemplo de una aeronave), la rutina de optimización puede volver a ejecutarse para ajustar con precisión la localización de cámara, para encontrar el árbol de marcador y ajustar el algoritmo de estimación de postura. Si hay que comparar un nuevo conjunto de datos, el método empieza de nuevo con los nuevos datos a partir de la etapa (101), siguiendo con la comprobación (110). Estos datos incluyen los conjuntos de parámetros de optimización, los conjuntos de parámetros de estimación de postura, los conjuntos de localizaciones de cámara o las mallas de objetos 3D a procesar.

Se representa un ejemplo de salida de las configuraciones de parámetros. Los ejes X e Y son un error de postura y un porcentaje de posturas ocultas, mientras que el número de marcadores se codifican en el tamaño de los puntos y también se escriben como texto en la representación. La salida de la simulación proporciona opciones a los ingenieros de sistemas para seleccionar configuraciones de acuerdo con las restricciones en el número de marcadores activos aceptables y la precisión de la estimación de postura (figura 3).

Dentro de este último conjunto de parámetros usados para generar resultados, un conjunto de localizaciones de cámara, los datos de malla 3D, un árbol de marcador, un conjunto de parámetros de optimización y un conjunto de parámetros de algoritmo de estimación de postura, que cumplen al menos una restricción, se eligen como parámetros de sistema de estimación de postura optimizados en la etapa (111). El parámetro de optimización es básicamente el umbral de distancia de supresión no-máxima, el número predeterminado del porcentaje seleccionado y predeterminado de todas las posturas que tienen un número predeterminado de nodos seleccionados. En una configuración preferida, la restricción mencionada puede ser una de las siguientes: elegir un conjunto de parámetros con el mínimo error de postura, un sistema con las mínimas posturas ocultas o un sistema con el número mínimo de marcadores. En otra configuración preferida, la restricción es una combinación de las restricciones anteriores. Por ejemplo, cuando no hay ninguna restricción en la posición de marcador disponible, puede seleccionarse el sistema con un error de postura y un porcentaje de posturas ocultas mínimos o, cuando no hay ninguna restricción sobre las posturas ocultas, se selecciona el sistema con un número mínimo de marcadores y un número de marcador mínimo.

En una configuración preferida del presente método, la etapa de *eliminar la o las posturas con suficientes nodos seleccionados* (105) no se ejecuta antes de colocar un número predeterminado de marcadores en la malla inicial. Esto garantiza la eliminación de al menos una postura en la etapa (105). En otra configuración más, el proceso se encamina al paso (110) si no hay ningún nodo vacío disponible para seleccionar como nodo de colocación de marcador activo en la etapa (103). Esta situación significa que la malla actual no es apropiada para colocar suficientes marcadores para los parámetros y las configuraciones determinados. Se continúa el método recibiendo un nuevo conjunto de datos si está disponible.

Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) comprende fundamentalmente los elementos que se definen en la reivindicación 11.

En una realización preferida de la presente invención, la unidad de procesamiento (2) está configurada para recibir los datos de postura, malla y posición de cámara desde el dispositivo de entrada/salida (3). El método (100) se aplica sobre una secuencia de datos de postura (que representan posibles orientaciones y localizaciones del objeto a seguir) y un solo dato de malla (que representa las posibles posiciones de LED en el objeto a seguir) para cada conjunto de datos. En otra realización del sistema de la presente invención (1), la unidad de procesamiento (2) está configurada para recibir los datos de postura, malla y posición de cámara desde la unidad de memoria (4). De esta manera, es posible analizar y simular previamente los datos registrados sin la necesidad de adquirir un nuevo conjunto de datos.

El dispositivo de entrada/salida (3) está configurado, preferentemente, para recibir al menos un dato de postura del objeto a seguir bajo consideración mediante cualquier medio conocido, tal como el seguimiento óptico/magnético o láser. Este dato de postura está relacionado, preferentemente, con un marco de referencia predeterminado que está relacionado con al menos una posición de cámara en el sistema de seguimiento actual bajo consideración. En una realización preferida, el dispositivo de entrada/salida (3) está configurado, preferentemente, para recibir al menos un dato de postura del objeto a seguir bajo consideración usando una unidad de medición inercial (IMU) montada en ese objeto o un sistema de adquisición de datos de estimación de postura multi-cámara de alta resolución basado en óptica que es capaz de generar datos de postura precisos y completos. Al hacer esto, puede simularse cualquier posición y orientación posible del objeto a seguir en condiciones de funcionamiento reales en la unidad de procesamiento (2) con un enfoque mucho más realista. Los datos de posición de cámara y los datos de malla se generan por un usuario a través del dispositivo de entrada/salida mediante un ordenador conocido en la actualidad ayudado por herramientas de modelado. Por lo tanto, el dispositivo de entrada/salida (3) es cualquier dispositivo de interfaz conocido en la técnica, tal como un monitor, un teclado, un ratón, una cámara o una combinación.

La unidad de memoria (4) es cualquier dispositivo de memoria volátil o no volátil conocido en la técnica, tal como una RAM (memoria de acceso aleatorio), una ROM (memoria de solo lectura), una memoria flash o un disco duro. Estos se usan para almacenar datos de entrada, de salida o intermedios relacionados con dicho método (100) temporal o permanentemente.

5 El método (100) junto con el sistema (1) pueden simular de manera eficaz unas posiciones de cámara y fiduciales de un sistema de seguimiento y unos parámetros de algoritmo de estimación de postura para optimizar el sistema.

10 Dentro del alcance de estos conceptos básicos, es posible desarrollar una amplia diversidad de realizaciones del "sistema y método para medir la precisión del sistema de seguimiento" (1), (100) de la invención. La invención no puede limitarse a los ejemplos descritos en el presente documento; está esencialmente de acuerdo con las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para optimizar un sistema de seguimiento (100) **que comprende** las etapas de:

- 5 - adquirir los datos de malla que representan las posibles posiciones y orientaciones de marcador activo en un objeto a seguir, representando los datos de postura las posibles posturas del objeto a seguir en condiciones de funcionamiento, y al menos una posición y orientación de cámara (101),
- 10 - calcular la visibilidad de cada nodo en la malla que representa las posibles posiciones de marcador activo a partir de al menos una ventana gráfica de cámara para cada postura de los datos de postura y generar una lista de valores de visibilidad que representan cada nodo, comprendiendo los valores de visibilidad el recuento de cuántas veces es visible un nodo cuando la visibilidad desde cualquier cámara se cuenta una vez por postura (102),
- 15 - seleccionar un nodo no seleccionado anteriormente con el recuento de visibilidad más alto como un nodo de colocación de marcador activo (103),
- eliminar los nodos que están más cerca del nodo seleccionado que un umbral de supresión no-máxima (104),
- eliminar las posturas que tienen al menos un número predeterminado de nodos seleccionados (105),
- 20 - comprobar si un porcentaje predeterminado de todas las posturas tiene el número predeterminado de nodos seleccionados (106),
- si la comprobación es negativa, repetir las etapas de calcular, seleccionar, eliminar nodos, eliminar posturas y comprobar (106a),
- proyectar las posiciones de nodos seleccionados finales en el plano de imagen de cada ventana gráfica de cámara para cada postura, y calcular la postura de la malla con respecto a las ventanas gráficas de cámara usando un algoritmo de seguimiento para el que se optimizará el sistema (107),
- 25 - calcular el error de postura y la cobertura de postura, que es el porcentaje de posturas que pueden estimarse con el algoritmo de seguimiento, comparando los resultados del algoritmo de seguimiento con los datos reales sobre el terreno (108),
- registrar y emitir los resultados de precisión y de cobertura de postura, junto con un número y unas posiciones de nodos de colocación de marcador activo (109),
- 30 - comprobar si existe un conjunto de parámetros de optimización, un conjunto de parámetros de estimación de postura, un conjunto de localizaciones de cámara o una malla de objetos 3D nuevos (110),
- si la comprobación es positiva, empezar de nuevo el método con tales datos nuevos a partir de la etapa de adquisición de datos de malla (110a),
- 35 - seleccionar de entre los resultados un conjunto de localizaciones de cámara, los datos de malla 3D, un árbol de marcador que comprende las coordenadas 3D de los nodos seleccionados, un conjunto de parámetros de optimización y un conjunto de parámetros de algoritmos de estimación de postura, cumplir al menos una restricción que es una de las siguientes, elegir un conjunto de parámetros con el mínimo error de postura, un sistema con las mínimas posturas ocultas o un sistema con el número mínimo de marcadores, en el que las posturas ocultas son posturas que el algoritmo de estimación de postura no es capaz de calcular (111).

40 2. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los datos de postura se adquieren usando unidades de medición inercial (IMU) colocadas en el objeto real en condiciones de funcionamiento reales y los movimientos de los objetos se registran en la etapa de adquisición (101).

45 3. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los datos de postura se adquieren usando un sistema de adquisición de datos de postura basado en óptica con marcadores activos montados en el objeto a seguir y múltiples cámaras de alta resolución que es capaz de generar datos de postura precisos y completos en la etapa de adquisición (101).

50 4. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con la reivindicación 1 a la reivindicación 3, en el que un modelo de oclusión, que se basa en una normal del marcador con respecto al sistema de coordenadas objeto, un ángulo cónico de iluminación del marcador activo y la postura conocida del objeto, se usa para estimar la visibilidad de los puntos de modelo 3D en la etapa de cálculo (102).

55 5. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que, en la etapa de proyección (107), se genera una imagen sintética añadiendo una determinada cantidad de ruido sobre la imagen después de proyectar las posiciones de nodo.

60 6. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha restricción es la elección de un sistema con el mínimo error de postura en la etapa de selección (111).

65 7. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha restricción es la elección de un sistema con las mínimas posturas ocultas en la etapa de selección (111).

8. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha restricción es la elección de un sistema con el número mínimo de marcadores en la etapa de selección (111).
- 5 9. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de eliminación de posturas (105) no se ejecuta antes de colocar un número predeterminado de marcadores en la malla inicial.
- 10 10. Un método para optimizar el sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el proceso se encamina a la segunda etapa de comprobación (110) si no hay ningún nodo disponible vacío para seleccionar como nodo de colocación de marcador activo en la etapa de selección (103).
11. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) que comprende:
- 15 - al menos una unidad de procesamiento (2) configurada para recibir los datos de postura, malla y posición de cámara y para implementar el método para optimizar un sistema de seguimiento (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, usando estos datos para implementar el algoritmo de seguimiento para el que se optimizará el sistema y emitir los resultados encontrados por el método (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 20 - al menos un dispositivo de entrada/salida (3) conectado a la unidad de procesamiento (2) configurado para recibir los datos de postura, malla y posición de cámara desde una fuente externa, tal como un usuario, y para emitir los resultados encontrados por la unidad de procesamiento (2),
- al menos una unidad de memoria (4) conectada a la unidad de procesamiento (2), configurada para almacenar los resultados de la optimización encontrados por la unidad de procesamiento (2) y cualquier dato de postura, malla y posición de cámara.
- 25 12. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en la reivindicación 11, en el que la unidad de procesamiento (2) está configurada para recibir los datos de postura, malla y posición de cámara desde el dispositivo de entrada/salida (3).
- 30 13. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en las reivindicaciones 11 o 12, en el que la unidad de procesamiento (2) está configurada para recibir los datos de postura, malla y posición de cámara desde la unidad de memoria (4).
- 35 14. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en las reivindicaciones 11 a 13, en el que el dispositivo de entrada/salida (3) está configurado para recibir al menos un dato de postura del objeto a seguir bajo consideración usando una unidad de medición inercial (IMU).
- 40 15. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en las reivindicaciones 11 a 13, en el que el dispositivo de entrada/salida (3) está configurado para recibir al menos un dato de postura del objeto a seguir bajo consideración usando un sistema de adquisición de datos de postura basado en óptica con múltiples cámaras de alta resolución que es capaz de generar datos de postura precisos y completos.
- 45 16. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en las reivindicaciones 11 a 15, en el que el dispositivo de entrada/salida (3) está configurado para recibir los datos de posición de cámara y los datos de malla generados por el usuario.
- 50 17. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en las reivindicaciones 11 a 16, en el que la unidad de memoria (4) es un dispositivo de memoria volátil.
18. Un sistema para optimizar un sistema de seguimiento (1) como en las reivindicaciones 11 a 17, en el que la unidad de memoria (4) es un dispositivo de memoria no volátil.

Figura 1

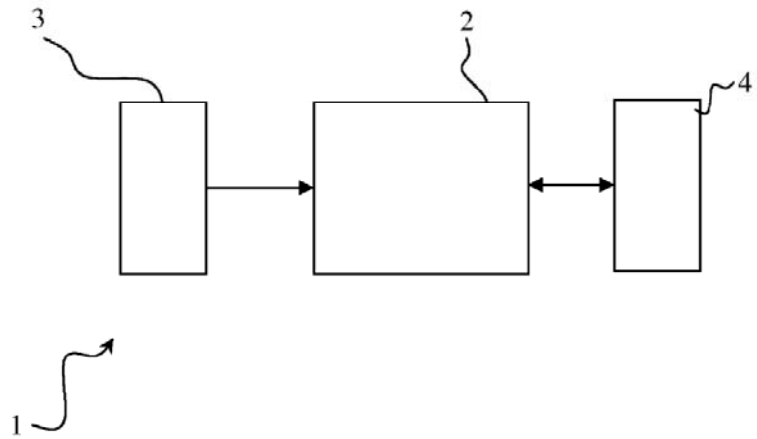


Figura 2

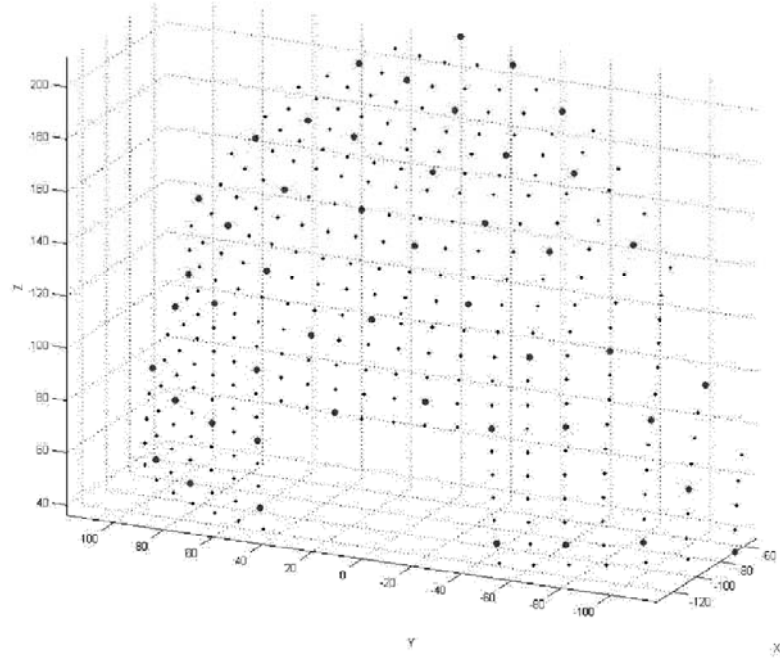


Figura 3

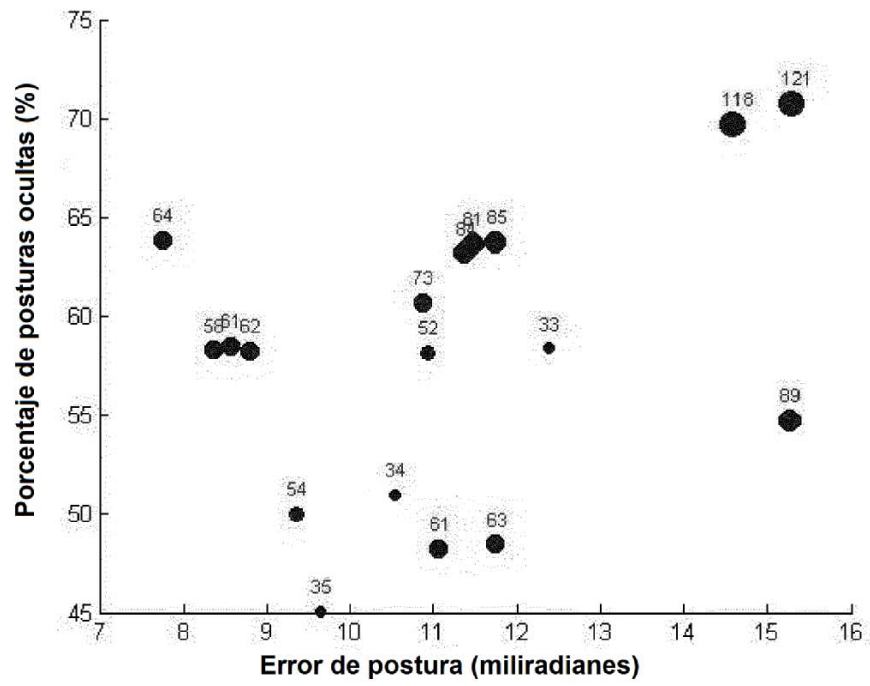


Figura 4

