

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 565**

51 Int. Cl.:

G01B 11/00 (2006.01)
G06T 7/55 (2007.01)
G01S 19/48 (2010.01)
G01B 21/04 (2006.01)
G01S 5/16 (2006.01)
G01S 19/14 (2010.01)
G06T 7/73 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2020** **PCT/EP2020/054872**
87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2020** **WO20173924**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2020** **E 20707241 (4)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2024** **EP 3931524**

54 Título: **Montaje de encofrados y andamios mediante dispositivos móviles**

30 Prioridad:

27.02.2019 DE 102019105015

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.04.2025

73 Titular/es:

PERI AG (100.00%)
Rudolf-Diesel-Str. 19
89264 Weißenhorn, DE

72 Inventor/es:

PEPER, SVEN MICHAEL;
LÓPEZ BUITRAGO, MIGUEL ANGEL y
LÓPEZ BUITRAGO, PABLO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 013 565 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

Montaje de encofrados y andamios mediante dispositivos móviles

5 La presente solicitud reivindica la prioridad de la

solicitud de patente alemana n.º 10 2019 105 015.4, presentada el 27 de febrero de 2019.

10 La invención se refiere al soporte implementado por ordenador en el montaje y en el control de encofrados y andamios en obras de construcción.

Estado de la técnica

15 Cuando se construye una estructura de construcción mediante vertido de hormigón, por regla general se utiliza un encofrado como molde para el hormigón fresco. Para poder construir un encofrado rápidamente y poder reutilizar el material muchas veces, se utilizan sistemas de encofrado a partir de elementos estándar prefabricados. Un sistema de encofrado a modo de ejemplo de este tipo es conocido por el documento WO 2005/040 525 A1. Del mismo modo también se montan andamios a partir de elementos estándar prefabricados.

20 Con la creciente profesionalización del mercado de encofrados y andamios, la complejidad de encofrados y andamios también ha seguido aumentando. En muchos casos se utilizan soluciones optimizadas para la eficiencia, planificadas previamente en programas CAD. Que una solución de este tipo consiga el efecto técnico deseado en términos de consumo de material, estabilidad u otros

25 criterios tenidos en cuenta en la planificación, presupone que la planificación se respete con precisión durante el montaje físico en la obra de construcción. A menudo, el personal que trabaja en la obra de construcción no es consciente de ello, por lo que en la práctica se producen desviaciones de la planificación, la cual se reduce así al absurdo. Un soporte durante el montaje por parte de representantes de los proveedores de construcción que tienen los conocimientos necesarios puede evitar tales errores, pero es comparativamente costoso.

30 El documento US 9 918 204 B1 divulga un procedimiento para la localización de un dispositivo móvil dentro de un edificio. Tras una primera estimación aproximada, en el espacio en el que se encuentra el dispositivo móvil, se registra una nube de puntos del entorno del dispositivo móvil y se compara con una nube de puntos de referencia registrada previamente en el edificio. A partir del resultado de esta comparación se evalúan la posición y la orientación del dispositivo móvil.

35 El documento US 2015/310 135 A1 divulga un procedimiento para la proyección de informaciones de un modelo de información de construcción, BIM (del inglés building information model), en fotografías de una obra de construcción para obtener de este modo un modelo de nube de puntos tridimensional de la obra de construcción y visualizar el progreso de la construcción.

40 El documento WO 2015/071 940 A1 divulga un dispositivo móvil que fotografía con una cámara un lugar de construcción y muestra un modelo tridimensional de un edificio que se construirá como realidad aumentada en la ubicación correcta en la imagen del lugar de construcción.

45 El documento US 2017/256 097 A1 divulga un sistema para la localización precisa de un dispositivo móvil mediante radiobalizas con el fin de poder mostrar contenidos de realidad aumentada con la mayor precisión posible en imágenes del entorno del dispositivo móvil.

50 Objetivo y solución

Por tanto, el objetivo de la invención es hacer que los dispositivos móviles puedan utilizarse para un soporte mediante ordenador durante el montaje de encofrados y/o andamios en obras de construcción.

55 Este objeto se consigue según la invención mediante un procedimiento para la calibración según la reivindicación principal 1, así como mediante un procedimiento para el control de calidad asistido por ordenador según la reivindicación secundaria 13. Otras configuraciones ventajosas resultan de las reivindicaciones dependientes que hacen referencia a estas.

60 Divulgación de la invención

La invención está definida por las reivindicaciones. Se presentan ejemplos y formas de realización que no quedan dentro de las reivindicaciones para ilustrar la invención reivindicada y facilitar su comprensión.

65 En el marco de la invención se ha desarrollado un procedimiento para la calibración de un sistema de coordenadas interno de un dispositivo móvil frente a un sistema de coordenadas absoluto de una obra de construcción. Este sistema

de coordenadas absoluto puede ser en particular un sistema de coordenadas mundial que asigna una latitud y longitud a cada lugar de la superficie terrestre. Sin embargo, también puede abarcar desde cualquier otro punto fijo y utilizar otras coordenadas. Por ejemplo, para la mayoría de los proyectos de construcción la curvatura terrestre no es relevante, de modo que se pueden utilizar coordenadas cartesianas.

5 En el caso del procedimiento se registra en una pluralidad de posiciones en la obra de construcción, así como opcionalmente de forma adicional con una pluralidad de orientaciones del dispositivo móvil, respectivamente con el dispositivo móvil, al menos una imagen, que muestra al menos una parte de la obra de construcción.

10 Según la invención, la imagen se registra con una o más cámaras del dispositivo móvil. Por ejemplo, se puede registrar una imagen bidimensional con una única cámara. Se puede registrar una imagen tridimensional con una combinación de una cámara y un sensor de profundidad o, por ejemplo, también con una disposición estereoscópica de dos o más cámaras. Con un escáner, que emite, por ejemplo, un rayo láser, se puede realizar un escaneo que indique, por ejemplo, partiendo de la ubicación del dispositivo móvil, la distancia en cada dirección espacial hasta el punto en el
15 que se refleja el rayo láser.

Por ejemplo, un sistema de posicionamiento basado en satélite puede indicar una posición del dispositivo móvil en coordenadas mundiales que comprenden fracciones de latitud y longitud. El sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción puede ser, por ejemplo, un sistema de coordenadas cartesiano, conociéndose las coordenadas mundiales de al menos un punto fijo de este sistema de coordenadas.
20

En cada captura se registra mediante sensores adicionalmente la posición, así como de forma adicional opcionalmente la orientación del dispositivo móvil en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil. Para este propósito se pueden utilizar, por ejemplo, sensores de aceleración, sensores de inercia, sensores de inclinación, sensores de
25 velocidad de giro y/o giroscopios. Por ejemplo, las aceleraciones lineales y/o las aceleraciones angulares se pueden integrar dos veces para actualizar la posición del dispositivo móvil en función de una última posición conocida.

Se establecen ecuaciones con incógnitas que caracterizan la transformación deseada entre el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil y el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción. Las incógnitas se
30 determinan como soluciones de un sistema de ecuaciones formado a partir de las ecuaciones planteadas, de modo que se obtiene la transformación deseada.

A este respecto, las ecuaciones se pueden obtener de dos maneras diferentes.

35 Por una parte, según la invención, al menos una característica geométrica con una posición conocida en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción se puede reconocer en una imagen y/o en un modelo real tridimensional de la obra de construcción determinado a partir de varias imágenes. En combinación con la posición y la orientación detectadas mediante sensor del dispositivo móvil en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil, resulta de ello una ecuación cuyas soluciones caracterizan aquellas transformaciones entre el sistema de
40 coordenadas interno del dispositivo móvil y el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción, en las que

- la posición y orientación detectadas mediante sensor del dispositivo móvil en su sistema de coordenadas interno,
- la forma, orientación y posición de la característica geométrica en la imagen y
- la posición conocida de la característica geométrica en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de
45 construcción

están en armonía entre sí con la menor contradicción posible. Por ejemplo, a partir de la posición conocida de la característica geométrica en el sistema de coordenadas absoluto en combinación con la transformación de esta posición al sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil y la posición del dispositivo móvil en este sistema de
50 coordenadas interno se puede predecir la forma, la orientación y la posición de la característica geométrica en la imagen y/o el escaneo. Cuando la

transformación es correcta, la característica geométrica debería aparecer en la imagen exactamente como se predijo.

55 Por otra parte (no según la invención), la posición determinada con el sistema de posicionamiento puede estar relacionada con la posición determinada por sensores en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil. En este sentido se obtiene una ecuación cuyas soluciones representan aquellas transformaciones con las que se pueden reproducir coordenadas de la posición determinada con el sistema de posicionamiento en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción de la manera más consistente posible con respecto a la posición determinada por
60 los sensores en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil.

Cada una de estas ecuaciones suele tener varias soluciones, de modo que son necesarias varias ecuaciones para definir de forma inequívoca la transformación deseada. Por el contrario, una solución a un sistema de ecuaciones que consta de varias ecuaciones, por regla general no podrá satisfacer exactamente todas las ecuaciones, sino que
65 satisfará cada ecuación hasta un cierto error, pudiendo minimizarse entonces, por ejemplo, el error cuadrático medio

en todas las ecuaciones. La razón de esto es que las mediciones físicas que entran en las ecuaciones están sujetas a incertidumbres inevitables.

5 En el sistema de ecuaciones, en particular las ecuaciones basadas en el reconocimiento de características geométricas en imágenes y/o escaneos y las ecuaciones basadas en la comparación directa de coordenadas determinadas de diferentes maneras, se pueden combinar entre sí de cualquier manera.

10 Ha podido verse que, al resolver el sistema de ecuaciones descrito, se puede determinar una transformación entre el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil y el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción, que se acerca a la realidad con una precisión de unos pocos milímetros o más. La clave para esto es la gran flexibilidad en el tipo y cantidad de información reunida en forma de ecuaciones.

15 Normalmente, en diferentes obras de construcción predominan distintas condiciones en lo que se refiere a la disponibilidad de información. Por ejemplo, en una obra de construcción al aire libre puede existir una visión clara de los satélites de un sistema de navegación, lo que permite la localización de puntos individuales en coordenadas mundiales con una precisión de hasta unos pocos centímetros. Sin embargo, en una obra de construcción en una nave cubierta, la navegación por satélite puede estar disponible solo de forma limitada o no estar disponible en absoluto, mientras que la ausencia de influencias meteorológicas permite al mismo tiempo un mejor reconocimiento de las características geométricas en las imágenes. Con el sistema de ecuaciones puede considerarse siempre como
20 dada la cantidad de información físicamente disponible y evaluarse de forma óptima en lo que se refiere a la transformación deseada.

25 La transformación precisa entre los sistemas de coordenadas obtenidos de este modo, a su vez, abre la puerta al soporte por ordenador en la realización física de un encofrado y/o de un andamio. Como ya se ha explicado anteriormente, los encofrados y andamios complejos se planifican de antemano mediante programas CAD. Esto significa que está disponible un modelo tridimensional del encofrado o del andamio en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción. Sin embargo, las imágenes o escaneos registrados por el dispositivo móvil y con los cuales ha de facilitarse o comprobarse la realización física del encofrado o del andamio, están disponibles en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil. Por lo tanto, se requiere la imagen en el sistema de coordenadas
30 absoluto de la obra de construcción y/o el modelo tridimensional en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil. Esto es exactamente lo que consigue la transformación determinada mediante el procedimiento descrito.

35 De este modo, por ejemplo, el modelo tridimensional del encofrado o del andamio se puede superponer como "realidad aumentada" a una vista actual de la obra de construcción desde la perspectiva del dispositivo móvil, de modo que esta vista se complemente con el encofrado a montar o el andamio a montar.

40 Por ejemplo, en un teléfono inteligente o una tableta como dispositivo móvil, una proyección bidimensional correcta en perspectiva del modelo tridimensional se puede superponer a una imagen bidimensional registrada actualmente por una cámara del dispositivo móvil y mostrarse en una pantalla. A este respecto, la opacidad de esta proyección se puede seleccionar ventajosamente de tal manera que el usuario pueda reconocer visualmente en qué medida la estructura física del encofrado o del andamio se corresponde con el modelo teórico. Lo mismo es posible también con gafas de realidad virtual o de realidad mixta como dispositivo móvil, ofreciendo esto la ventaja adicional de que el usuario puede usar ambas manos para colocar cada pieza individual exactamente en su lugar previsto según el modelo teórico.

45 Por ejemplo, unas gafas de este tipo pueden registrar imágenes de la obra de construcción a través de una o varias cámaras orientadas hacia la obra de construcción y estas imágenes pueden transmitirse a una pantalla en el interior de las gafas. En el caso de la representación en la pantalla, las imágenes se pueden superponer con la proyección bidimensional del modelo tridimensional. A este respecto, las imágenes de la obra de construcción también se pueden procesar, por ejemplo, con un efecto gran angular, de modo que la representación en la pantalla cubra un campo de visión más amplio que el que normalmente puede percibir el ojo humano.

50 Por ejemplo, se pueden utilizar también gafas de realidad aumentada, las cuales permiten una visión óptica directa del entorno físico en lugar de registrar este entorno con una cámara y mostrar la imagen en una pantalla. La proyección del modelo tridimensional puede entonces, por ejemplo, superponerse parcialmente a la vista óptica directa.

55 Mediante la comparación visual directa del entorno físico en la obra de construcción, las desviaciones de la planificación y los errores en el montaje del encofrado o del andamio se reconocen inmediatamente y se pueden corregir a tiempo. Esto es ventajoso en particular cuando un edificio o parte de un edificio no se construye "de una sola vez", sino en varios ciclos de trabajo: de este modo se mejora de forma ventajosa la precisión con la que los ciclos de trabajo individuales se conectan entre sí sin problemas.

60 Los errores identificables pueden incluir, en particular, también aquellos errores que pongan en peligro la estabilidad del encofrado o del andamio, como, por ejemplo, elementos de fijación olvidados, intercambiados o instalados incorrectamente (por ejemplo, al revés). No todos estos errores se pueden evitar durante el diseño de los elementos estándar, en cuanto que, por ejemplo, solamente se enganchan entre sí piezas que encajen en la orientación correcta.

El montaje del andamio o del encofrado asistido por "realidad aumentada" puede, más allá de evitar desviaciones de la planificación y errores, mejorar en general la precisión de la construcción final del edificio o parte de edificio. La transformación entre los sistemas de coordenadas puede estar respaldado por muchas ecuaciones, de modo que los errores de medición individuales durante el registro de imágenes, durante la determinación de la posición mediante sensores y durante la determinación de la posición mediante el sistema de posicionamiento se pierden en la masa de información. Por otro lado, si un encofrado o un andamio se planifica de forma convencional, el plan de montaje a menudo solo se dibuja basándose en unas pocas mediciones en el mundo físico. Pequeñas imprecisiones en estas mediciones o en el marcado manual tienen entonces una repercusión innegable en el resultado final.

Como alternativa o también en combinación con la representación del modelo teórico como "realidad aumentada", también se puede realizar una comparación automatizada entre el modelo teórico del encofrado y al menos una imagen y/o escaneo registrado por una cámara del dispositivo móvil. Mediante esta comparación se puede comprobar si al menos un componente y/o un accesorio del encofrado se ha montado correctamente en la obra de construcción.

En este caso es opcional si la comparación se realiza en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil o en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción. Cuando la comparación se realiza en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil, puede establecerse, por ejemplo, una proyección bidimensional correcta en perspectiva del modelo tridimensional y compararse con la imagen registrada por la cámara del dispositivo móvil. Sin embargo, también se puede comprobar simplemente, por ejemplo, si la imagen es coherente con la hipótesis de que el componente y/o accesorio se ha montado correctamente.

La característica geométrica que se utiliza para crear una o varias ecuaciones puede ser, en particular, por ejemplo, un código de marcado bidimensional o tridimensional aplicado en la obra de construcción. Las posiciones de este tipo de códigos de marcado se pueden medir con precisión o fijar en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción.

En otra configuración ventajosa se selecciona al menos un componente y/o accesorio como característica geométrica. Por ejemplo, pueden obtenerse a partir de un modelo de edificio de una planta industrial las posiciones de tuberías u otras partes de instalación claramente reconocibles.

En otra configuración particularmente ventajosa, el reconocimiento de la característica geométrica comprende determinar una dirección espacial del dispositivo móvil hacia la característica geométrica en el momento del registro a partir de la distorsión de la característica geométrica en la imagen y/o escaneo. Alternativamente o en combinación con esto, a partir del tamaño de la característica geométrica en la imagen puede determinarse una distancia del dispositivo móvil a la característica geométrica en el momento del registro.

De esta manera se puede utilizar de forma óptima la información sobre qué características geométricas se encuentran en qué posiciones conocidas. En particular, por ejemplo, una misma característica geométrica, cuya posición y orientación se han medido una vez en el sistema de coordenadas absoluto del sitio de la obra de construcción, se puede utilizar varias veces para la calibración mediante registro de imágenes desde varias distancias y perspectivas.

Además, a partir de una misma imagen se puede extraer información sobre varias características geométricas reconocibles en esa imagen. Esta información se vincula entonces a la misma posición determinada mediante sensor del dispositivo móvil en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil.

En otra configuración particularmente ventajosa, a las ecuaciones del sistema de ecuaciones se les asignan diferentes ponderaciones en función de la fiabilidad de la información que contienen. De esta manera, es posible tener en cuenta el hecho de que no todas las posibles fuentes de información pueden proporcionar el mismo nivel de precisión. La información con una menor fiabilidad no necesariamente tiene que ser descartada, sino que también puede contribuir a la calibración, quedando asegurado al mismo tiempo que información particularmente precisa no se diluya.

En otra configuración particularmente ventajosa, el sistema de ecuaciones se resuelve de forma iterativa a partir de valores iniciales obtenidos a partir de información a priori sobre la obra de construcción. De esta manera, la solución converge más rápido y se reduce la probabilidad de que quede "estancada" en un óptimo secundario.

En otra configuración particularmente ventajosa, el reconocimiento de la característica geométrica incluye reconocer al menos una superficie y/o al menos un punto en la imagen y/o escaneo y asignar la característica geométrica al menos a una superficie o al menos a un punto de la característica geométrica.

Ya existen soluciones maduras para el reconocimiento de superficies como tales, por lo que solo es necesario invertir esfuerzo en asignar la característica geométrica a la superficie. Por ejemplo, la asignación puede solicitarse al operador del dispositivo móvil.

Como puntos pueden utilizarse, por ejemplo, puntos prominentes de características geométricas, como, por ejemplo, puntos de esquina o también puntos de intersección de varias características geométricas.

En otra configuración particularmente ventajosa se selecciona al menos una característica geométrica cuya posición en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción surge de un modelo teórico tridimensional predeterminado de la obra de construcción y/o de una estructura de construcción a construir o a modificar. La calibración se puede automatizar entonces aún más, ya que no es necesaria ninguna medición manual de posición y orientación de la característica geométrica. En particular, se pueden analizar significativamente más características geométricas y, en consecuencia, se pueden configurar más ecuaciones para aumentar la precisión de la calibración final obtenida.

A este respecto, por ejemplo, un operador puede solicitar al menos una asignación de una característica geométrica representada en la imagen y/o escaneo a una característica geométrica contenida en el modelo teórico tridimensional de la obra de construcción. Cuando la asignación automática no es posible sin lugar a duda, entonces tal contribución del operador es un complemento útil. Los humanos tienden a tener buenas habilidades para realizar tales asignaciones y, a diferencia de lo que ocurre cuando se mide manualmente la posición y la orientación de una característica geométrica, no existe riesgo de deterioro en la precisión.

Como ya se ha explicado anteriormente, las características geométricas se pueden reconocer no solo en imágenes y/o escaneos, sino también, alternativamente o en combinación con esto, en un modelo real tridimensional de la obra de construcción, determinado a partir de varias imágenes. En cuanto que un modelo real tridimensional de este tipo agrega las informaciones de varias imágenes y/o escaneos, puede reducirse la influencia de imprecisiones que surgen durante el registro de imágenes individuales, entre otras, las debidas a la resolución de píxeles limitada de la cámara utilizada.

En otra configuración particularmente ventajosa, la generación de un modelo real tridimensional de la obra de construcción a partir de varias imágenes incluye reconocer patrones y formas tridimensionales y/o proyecciones bidimensionales de estos, en las imágenes. De este modo, por ejemplo, a partir de la distorsión y del tamaño del patrón o de la forma, se puede determinar la distancia hasta el lugar donde se encuentra la forma o el patrón y la perspectiva bajo la cual la forma o el patrón es visible en la imagen. Con esta información se puede colocar correctamente el patrón o la forma en el modelo real tridimensional.

Alternativamente o también en combinación con esto, los píxeles de las imágenes se pueden agregar dando lugar a una nube de puntos en el espacio tridimensional, por ejemplo, con los métodos de fotogrametría. Los patrones o formas tridimensionales pueden reconocerse entonces en esta nube de puntos.

Por ejemplo, un flujo de datos en vivo de la imagen de cámara del dispositivo móvil se puede transmitir a un servidor externo, donde la imagen de la cámara en vivo se divide en píxeles individuales. A partir de la composición de los píxeles individuales se pueden reconocer patrones y formas o proyecciones bidimensionales de estos, por ejemplo, mediante aprendizaje automático. El análisis de la composición puede referirse, por ejemplo, a las distancias entre los píxeles, a la información de color de los píxeles individuales y/o a la acumulación o agrupación de píxeles con información de color similar y la forma de esta agrupación. El análisis continuo de los datos transmitidos con la transmisión en vivo puede conducir entonces al modelo real tridimensional del entorno del dispositivo móvil, que está compuesto de puntos en el espacio tridimensional, que forman una nube de puntos. Este modelo real se puede comparar entonces con un modelo de edificio tridimensional, por ejemplo, en lo que respecta a la información de color y los patrones extraídos.

En este caso, la información de color y los patrones extraídos forman dos capas de información mediante las cuales se puede realizar la comparación, estando la parte principal de la información contenida en los patrones extraídos, es decir, en la información de forma. Mediante la información de color se puede filtrar previamente qué elementos del modelo de construcción se incluyen en la comparación de la información de forma. Cuando, dado el caso, después de escalar, girar, trasladar u otras operaciones, al menos un porcentaje predeterminado de los puntos de la nube de puntos se adapta a partes del modelo de construcción tridimensional, esto significa que las características geométricas del modelo de construcción tridimensional se han reconocido en el modelo real tridimensional. Las posiciones y orientaciones del dispositivo móvil registradas mediante sensores durante el registro de imágenes, en conjunción con las operaciones necesarias para hacer coincidir el modelo real con el modelo de construcción tridimensional en el grado especificado, dan como resultado una o más ecuaciones para la transformación deseada entre el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil y el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción.

Cuanto mayor sea el grado de coincidencia entre el modelo real tridimensional y el modelo de construcción tridimensional, más restringido será el espacio de soluciones de las ecuaciones resultantes de la comparación. Una coincidencia muy buena de la nube de puntos tridimensionales extraída del flujo de imágenes bidimensionales con el modelo de construcción tridimensional puede determinar de forma inequívoca, o casi inequívoca, la transformación buscada entre el sistema de coordenadas interno y el sistema de coordenadas absoluto. Sin embargo, si la coincidencia es menos buena, las ecuaciones resultantes de la comparación de la nube de puntos con el modelo de construcción se pueden complementar con otras ecuaciones. Por ejemplo, se pueden utilizar ecuaciones obtenidas de la comparación de una posición determinada con un sistema de posicionamiento en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción con una posición determinada mediante sensores en el sistema de coordenadas

interno del dispositivo móvil. También el reconocimiento directo de características geométricas en las imágenes bidimensionales puede utilizarse para obtener ecuaciones adicionales.

5 En otra configuración particularmente ventajosa, los píxeles de imagen cuya información de color es similar se consideran como pertenecientes al mismo patrón tridimensional o a la misma forma tridimensional y/o al mismo punto en el espacio tridimensional. Tras esto se encuentra el conocimiento de que especialmente muchos objetos en obras de construcción (como, por ejemplo, elementos de construcción o accesorios) presentan comparativamente pocas características de color.

10 Por consiguiente, en otra configuración ventajosa, las características geométricas que se reconocen en el modelo real tridimensional se pueden preseleccionar basándose en la información de color de los píxeles en las imágenes.

15 De acuerdo con lo descrito anteriormente, la invención se refiere también a un procedimiento para el control de calidad asistido por ordenador de un encofrado predeterminado y/o de un andamio predeterminado en una obra de construcción. En este sentido, en primer lugar, se calibra con el procedimiento descrito anteriormente un sistema de coordenadas interno de un dispositivo móvil con un sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción.

20 En base a esta calibración, un modelo teórico tridimensional del encofrado o del andamio creado en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción y/o al menos una variable de estado resuelta espacialmente del encofrado o del andamio registrada en el sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción se puede transformar en el sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil. El modelo teórico y/o la variable de estado del encofrado o del andamio se pueden superponer con una vista actual de la obra de construcción desde la perspectiva del dispositivo móvil. Como se ha descrito anteriormente, esta superposición se puede crear a partir de una imagen de cámara registrada por el dispositivo móvil y mostrarse en la pantalla del dispositivo móvil. Sin embargo, la
25 superposición también puede producirse de forma parcialmente transparente mediante visión óptica directa del entorno físico. De este modo puede comprobarse visualmente si la estructura física real del encofrado o del andamio se corresponde con el modelo teórico tridimensional.

30 Como alternativa o también en combinación con esto, puede comprobarse mediante una comparación entre el modelo teórico del encofrado o del andamio, por un lado, y al menos una imagen registrada por el dispositivo móvil y/o al menos un modelo real de la obra de construcción a partir de varias de dichas imágenes, por otro lado, si al menos un componente y/o accesorio del encofrado o del andamio se ha instalado correctamente en la obra de construcción. Esta comprobación se puede realizar de forma totalmente automática y no es necesario siquiera enviar una imagen al
35 usuario del dispositivo móvil.

En el caso de la variable de estado puede tratarse, en particular, de una variable importante para la calidad y/o la seguridad del encofrado o del andamio, pero que no puede ser registrada por una persona sin ayudas técnicas en el mundo físico. Un ejemplo de esto es una carga mecánica a la que está expuesto el encofrado, el andamio o una parte de este.
40

Por ejemplo, un encofrado relleno de hormigón está sometido a presión desde el interior debido a la presión gravitacional del hormigón. Las piezas de andamio pueden estar solicitadas, por ejemplo, con una fuerza de presión, una fuerza de tracción y/o un momento de giro.

45 La variable de estado puede, por ejemplo, comprender datos de salida de al menos un sensor que está configurado para medir directa o indirectamente la variable de estado en una o más ubicaciones del encofrado o del andamio. Por ejemplo, en el encofrado o en el andamio pueden haber colocadas galgas extensométricas u otros sensores para medir la sollicitación. Sin embargo, la variable de estado también se puede calcular, por ejemplo, en un servidor externo. Por ejemplo, dada la geometría interna del encofrado y la cantidad de hormigón vertido, se conoce la presión
50 gravitacional que actúa sobre cada punto del encofrado.

En cuanto que se visualiza una sollicitación mecánica, pueden reconocerse, por ejemplo, errores de construcción que provocan que el encofrado o el andamio se soliciten de forma desigual y/o se sobrecarguen en determinadas zonas. Por ejemplo, un componente faltante en un lugar puede tener como consecuencia que componentes en otro lugar
55 tengan que compensar este componente faltante y, por lo tanto, estén sujetos a una mayor sollicitación. Esto puede conducir a fallos repentinos de los componentes, con el correspondiente riesgo de accidentes.

Ni siquiera es necesario que falte por completo un componente para que se produzcan tales consecuencias. Un montaje incorrecto del componente puede ser suficiente. Si, por ejemplo, cuatro de los soportes sobre los que se
60 apoya un andamio tienen una longitud desigual o están mal ajustados a las irregularidades del terreno, esto puede provocar que el peso del andamio recaiga sobre solo tres soportes en lugar de sobre cuatro. Visualmente no es posible apreciar que el cuarto soporte solo descansa de forma holgada sobre el terreno y no transfiere ninguna fuerza al mismo.

65 El procedimiento puede llevarse a cabo al menos parcialmente mediante uno o varios ordenadores o dispositivos móviles y, por tanto, puede estar implementado en particular en un software. Por tanto, la invención se refiere también

a un programa de ordenador con instrucciones legibles por máquina que, cuando se ejecutan en al menos un ordenador y/o en al menos un dispositivo móvil, hacen que el ordenador o el dispositivo móvil lleve a cabo uno de los procedimientos descritos. La invención se refiere también a un soporte de datos legible por máquina y/o a un producto de descarga con el programa de ordenador.

Parte de descripción especial

A continuación, se explica el objeto de la invención mediante figuras, sin que debido a ello se limite el objeto de la invención. Se muestra:

- Figura 1: diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento 100;
- Figura 2: obtención a modo de ejemplo de ecuaciones 51-53 mediante reconocimiento 131 de características geométricas 22;
- Figura 3: obtención a modo de ejemplo de ecuaciones 54-56 mediante comparación de posiciones 4a-4c determinadas por un sistema de posicionamiento con posiciones 12a-12c determinadas mediante sensores y/u orientaciones 13a-13c;
- Figura 4: obtención a modo de ejemplo de ecuaciones 51-56 mediante un modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2;
- Figura 5: diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento 200.

La figura 1 es un diagrama de flujo a modo de ejemplo de un ejemplo de realización del procedimiento 100. En la etapa 110 se registra en una pluralidad de posiciones en la obra de construcción 2, así como de forma opcional adicionalmente con una pluralidad de orientaciones del dispositivo móvil 1, respectivamente al menos un escaneo de imagen 3a-3c, que muestra al menos una parte de la obra de construcción 2. El usuario del dispositivo móvil 1 puede, por ejemplo, por lo tanto, caminar a través de la obra de construcción 2 con el dispositivo móvil y de forma opcional adicionalmente también permanecer en una posición fija y girar alrededor de su propio eje. Además, para cada registro 110 según el bloque 111, se registra también mediante sensores la posición 12a-12c, así como de forma opcional adicionalmente la orientación 13a-13c del dispositivo móvil 1 en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1. El registro de datos de esta manera se explica con más detalle en la figura 2.

En combinación con esto, en la etapa 120, en la pluralidad de posiciones o con la pluralidad de orientaciones del dispositivo móvil 1, la posición 4a-4c del dispositivo móvil 1 se puede determinar utilizando un sistema de posicionamiento en un sistema de coordenadas 4 que está en una relación fija 41 conocida con el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2. A este respecto, de forma análoga al bloque 111, según el bloque 121, la posición 12a-12c y/u orientación 13a-13c del dispositivo móvil 1 en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1 también se detecta mediante sensores. El registro de datos de esta manera se explica con más detalle en la figura 3.

En la etapa 130 se establecen ecuaciones 51-56 en incógnitas 5a-5c, que caracterizan la transformación deseada entre el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1 y el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2. Esto se puede hacer de dos maneras, individualmente o en combinación. Según el bloque 131 se reconoce al menos una característica geométrica 22 con posición conocida 22a en el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2 en una imagen 3a-3c y/o en un modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2 determinado a partir de varias de estas imágenes. Según el bloque 132 se relaciona la posición 4a-4c determinada con el sistema de posicionamiento con la posición 12a-12c y/o la orientación 13a-13c determinada mediante sensores en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1. Para el reconocimiento 131 de características geométricas 22 existen, por su parte, varias opciones a modo de ejemplo, que se representan con más detalle dentro del cuadro 131 y que se pueden utilizar individualmente o en combinación.

Según el bloque 131a, se puede determinar una dirección espacial del dispositivo móvil 1 hacia la característica geométrica 22 en el momento del registro de la imagen a partir de la distorsión de la característica geométrica 22 en la imagen 3a-3c. Es decir, la distorsión proporciona una indicación de la perspectiva desde la cual se registró la característica geométrica 22 y esta perspectiva a su vez indica la dirección espacial.

Según el bloque 131b se puede determinar una distancia del dispositivo móvil 1 hasta la característica geométrica 22 en el momento del registro a partir del tamaño de la característica geométrica 22 en la imagen 3a-3c. Según el bloque 131c se puede reconocer al menos una superficie y/o al menos un punto para asignar posteriormente esta superficie o este punto a una correspondiente superficie o a un correspondiente punto de la característica geométrica 22 en el bloque 131d.

Según el bloque 131e un operador puede solicitar al menos una asignación de una característica geométrica 22 mostrada en la imagen 3a-3c a una característica geométrica 22' contenida en un modelo teórico 24 tridimensional de la obra de construcción 2. De esta manera, la posición 22a conocida de la característica geométrica 22' memorizada en el modelo teórico 24 se puede asignar a la característica geométrica 22a representada.

Opcionalmente, las ecuaciones 51-56 pueden ponderarse de manera diferente según el bloque 133 en dependencia

de la fiabilidad de la información que respectivamente contienen.

Las ecuaciones 51-56, obtenidas por cualquier medio, forman un sistema de ecuaciones 5 en las incógnitas 5a-5c. En la etapa 140 se resuelve este sistema de ecuaciones 5 para las incógnitas 5a-5c, pudiendo utilizarse según el bloque 141 opcionalmente una vía iterativa partiendo de valores iniciales obtenidos a partir de información a priori sobre la obra de construcción 2. Los valores de las incógnitas 5a-5c obtenidos como soluciones caracterizan la transformación deseada entre el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1 y el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2.

La figura 2 muestra un ejemplo de la obtención de ecuaciones 51-53 utilizando imágenes 3a-3c bidimensionales que muestran diferentes secciones de una misma obra de construcción 2. En este ejemplo, como también en la figura 3, solo se presupone que el dispositivo móvil 1 puede registrar imágenes 3a-3c bidimensionales. Esta capacidad es común a la gran mayoría de dispositivos móviles "listos para usar", mientras que el registro de imágenes o escaneos tridimensionales requiere hardware avanzado o programas adicionales (aplicaciones).

Las imágenes 3a-3c residen respectivamente en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1 y durante el registro de imagen se registran mediante sensores la correspondiente posición 12a-12c, así como opcionalmente también la correspondiente orientación 13a-13c del dispositivo móvil 1. En las imágenes 3a-3c se reconocen según el bloque 131 respectivamente características geométricas 22 con posición conocida 22a en el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2. Esta posición 22a conocida es coherente con el hecho de que la característica geométrica 22 fue reconocida en la imagen 3a-3c, en relación con la respectiva posición 12a-12c y/u orientación 13a-13c del dispositivo móvil 1, solo para determinadas transformaciones entre el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1 y el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2. Por ejemplo, de este modo el reconocimiento de una grúa en posición vertical no es compatible con una transformación en la que en realidad debería estar al revés. Por otra parte, para un único reconocimiento de una característica 22 en una imagen 3a-3c, por norma general hay varias transformaciones consistentes con este reconocimiento. En cuanto que se combinan varias ecuaciones 51-53 en un sistema de ecuaciones 5, se resuelven este tipo de ambigüedades y se reduce la influencia de errores en detección física.

La figura 3 aclara mediante ilustración, por un lado, la obtención (no según la invención) de las ecuaciones 54-56 basándose en la comparación 132 entre las posiciones 4a-4c del dispositivo móvil 1 determinadas por un sistema de posicionamiento y, por otro lado, las posiciones 12a-12c y/o las orientaciones 13a-13c determinadas por el sensor. En este ejemplo, las posiciones 4a-4c residen en un sistema de coordenadas mundial 4, que está en una relación 41 fija conocida con el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2. En el ejemplo mostrado en la figura 3, el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2 es un sistema de coordenadas cartesiano que está "suspendido" en un punto fijo en coordenadas mundiales caracterizado por longitud y latitud. Cualquier comparación de las posiciones en los diferentes sistemas de coordenadas 4 y 11 ofrece al menos una ecuación 54-56, pudiendo expresarse las coordenadas mundiales 4 mediante la relación 41 conocida en coordenadas del sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2.

La figura 4 aclara diferentes posibilidades de cómo se puede obtener un modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2 a partir de varias imágenes 3a-3c según el bloque 135.

Según el bloque 136 se pueden reconocer patrones y formas tridimensionales y/o proyecciones bidimensionales de estos en las imágenes 3a-3c. Entonces el patrón o la forma puede utilizarse directamente en un modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2. Este modelo real se refiere a lo que se puede ver en la obra de construcción 2, pero reside en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1, en el que residen las imágenes 3a-3c subyacentes.

Según el bloque 137 los píxeles de las imágenes 3a-3c pueden agregarse dando lugar a una nube de puntos 23a en el espacio tridimensional y, concretamente, por su parte, en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1. El modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2 puede generarse entonces según el bloque 138, en cuanto que se reconocen patrones o formas tridimensionales en esta nube de puntos 23a. Es decir, la nube de puntos proporciona pistas sobre qué patrones o formas se deben utilizar en cada lugar del espacio tridimensional y los patrones o formas forman entonces conjuntamente el modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2, todavía en el sistema de coordenadas interno 11.

La comparación con el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2 se produce en el bloque 131, cuando en el modelo real 23 tridimensional se reconocen características geométricas 22 con posiciones 22a conocidas en el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2. A partir de ello se obtienen ecuaciones 51-56.

Opcionalmente, para esta comparación según el bloque 139, se pueden preseleccionar aquellas características geométricas 22 que se pueden reconocer en el modelo real 23, basándose en la información de color de los píxeles en las imágenes 3a-3c.

Opcionalmente, según los bloques 136a, 137a o 138a, los píxeles cuya información de color es similar pueden considerarse como pertenecientes al mismo patrón, a la misma forma o al mismo punto en el espacio tridimensional.

La figura 5 muestra un ejemplo de realización del procedimiento 200 para el control de calidad asistido por ordenador.

5 En la etapa 210 se calibra el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1 con respecto al sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2 mediante el procedimiento 100 descrito anteriormente. Las soluciones 5a-5c obtenidas, a este respecto, del sistema de ecuaciones 5 caracterizan tanto una transformación del sistema de coordenadas interno 11 al sistema de coordenadas absoluto 21 como también una transformación inversa del sistema de coordenadas absoluto 21 al sistema de coordenadas interno 11.

10 En la etapa 220, un modelo teórico 24 tridimensional creado en el sistema de coordenadas absoluto 21 de la obra de construcción 2 se puede transformar en el sistema de coordenadas interno 11 del dispositivo móvil 1. En este sistema de coordenadas interno 11, el modelo teórico 24 se puede superponer entonces en la etapa 230 a una vista actual de la obra de construcción 2 desde la perspectiva del dispositivo móvil 1.

15 En la etapa 240 las imágenes y/o escaneos 3a-3c y/o un modelo real 23 tridimensional de la obra de construcción 2 creado a partir de estos, se pueden transformar desde el sistema de coordenadas interno 11 al sistema de coordenadas absoluto 21 y compararse allí con el modelo teórico 24 del encofrado o del andamio. Mediante esta comparación se puede comprobar en la etapa 250 si al menos un componente y/o accesorio del encofrado o del andamio se ha montado correctamente en la obra de construcción 2.

Lista de referencias

1	dispositivo móvil
25 11	sistema de coordenadas interno del dispositivo móvil 1
12a-12c	posiciones del dispositivo móvil 1
13a-13c	orientaciones del dispositivo móvil 1
2	obra de construcción
21	sistema de coordenadas absoluto de la obra de construcción 2
30 22, 22'	característica geométrica
22a	posición de la característica geométrica 22
23	modelo real tridimensional de la obra de construcción 2
24	modelo teórico tridimensional de andamio y/o encofrado
3a-3c	imágenes o escaneos
35 4	sistema de coordenadas del sistema de posicionamiento
41	relación entre sistemas de coordenadas 4 y 21
4a-4c	posiciones, determinadas en el sistema de coordenadas 4
5	sistema de ecuaciones
5a-5c	incógnitas del sistema de ecuaciones 5
40 51-56	ecuaciones, forman sistema de ecuaciones 5
100	procedimiento para calibrar los sistemas de coordenadas 11 y 21
110	registrar imágenes y/o escaneos 3a-3c
111	registrar mediante sensor posiciones 12a-12c, orientaciones 13a-13c
120	determinación de posiciones 4a-4c con sistema de posicionamiento
45 121	registrar mediante sensor posiciones 12a-12c, orientaciones 13a-13c
130	establecimiento de ecuaciones 51-56
131	reconocimiento de características geométricas 22 con posiciones 22a conocidas
131a	reconocimiento de la perspectiva a partir de distorsiones en la imagen/escaneo 3a-3c
131b	reconocimiento de las distancias a partir del tamaño en la imagen/escaneo 3a-3c
50 131c	reconocimiento de superficies y/o puntos
131d	asignación de superficies y/o puntos
131e	solicitud de una asignación por parte de un operador
132	comparación de posiciones 4a-4c con medición de sensor 12a-12c, 13a-13c
133	ponderación de las ecuaciones 51-57
55 135	creación de un modelo real 23 tridimensional
136	reconocimiento de las proyecciones de formas y patrones
136a	consideración de la información de color
137	agregación de las imágenes/escaneos 3a-3c a una nube de puntos 23a
137a	consideración de la información de color
60 138	reconocimiento de formas y patrones en la nube de puntos 23a
138a	consideración de la información de color
139	preselección de características geométricas 22 según información de color
140	solución del sistema de ecuaciones 5 para las incógnitas 5a-5c
141	enfoque iterativo para resolver 140
65 200	procedimiento de control de calidad
210	calibración de sistemas de coordenadas 11, 21 con procedimiento 100

ES 3 013 565 T3

220	transformación del modelo teórico 24 en el sistema de coordenadas 11
230	superposición del modelo teórico 24 con vista actual de la obra de construcción 2
240	comparación del modelo teórico con imágenes/escaneos 3a-3c, modelo real 23
250	comprobación de correcta instalación de componente/accesorio

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (100) para calibrar un sistema de coordenadas interno (11) de un dispositivo móvil (1) con respecto a un sistema de coordenadas absoluto (21) de una obra de construcción (2), con las etapas:

- en una pluralidad de posiciones en la obra de construcción (2), así como de forma opcional adicionalmente con una pluralidad de orientaciones del dispositivo móvil (1), se registra (110) en cada una de ellas con el dispositivo móvil (1) al menos una imagen (3a-3c) que muestra al menos una parte de la obra de construcción (2);
- en cada registro (110) se registra (111, 121) mediante sensores adicionalmente la posición (12a-12c), así como de forma opcional adicionalmente la orientación (13a-13c) del dispositivo móvil (1) en el sistema de coordenadas interno (11) del dispositivo móvil (1);
- se establecen (130) ecuaciones (51-56) con incógnitas (5a-5c) que caracterizan la transformación deseada entre el sistema de coordenadas interno (11) del dispositivo móvil (1) y el sistema de coordenadas absoluto (21) de la obra de construcción (2), obteniéndose estas ecuaciones (51-56),
- reconociendo (131) al menos una característica geométrica (22) con posición (22a) conocida en el sistema de coordenadas absoluto (21) de la obra de construcción (2) en una imagen (3a-3c) y/o en un modelo real (23) tridimensional de la obra de construcción (2) determinado a partir de varias imágenes (3a-3c);
- determinando (140) las incógnitas (5a-5c) como soluciones de un sistema de ecuaciones (5) formado a partir de las ecuaciones (51-56) establecidas.

2. Procedimiento (100) según la reivindicación 1, seleccionándose al menos un código de marcado bidimensional o tridimensional dispuesto en la obra de construcción (2) como característica geométrica (22).

3. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 2, seleccionándose al menos un componente y/o un accesorio como característica geométrica (22).

4. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 3, implicando el reconocimiento (131) de la característica geométrica (22),

- determinar (131a) una dirección espacial del dispositivo móvil (1) hacia la característica geométrica (22) en el momento del registro a partir de la distorsión de la característica geométrica (22) en la imagen (3a-3c), y/o
- determinar (131b) una distancia del dispositivo móvil (1) hasta la característica geométrica (22) en el momento del registro a partir del tamaño de la característica geométrica (22) en la imagen (3a-3c).

5. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 4, asignándose (133) a las ecuaciones (51-56) en el sistema de ecuaciones (5) diferentes ponderaciones en dependencia de la fiabilidad de la información contenida en estas.

6. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 5, resolviéndose (141) de forma iterativa el sistema de ecuaciones (5) a partir de valores de partida obtenidos a partir de información a priori sobre la obra de construcción (2).

7. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 6, implicando el reconocimiento (131) de la característica geométrica (22) reconocer (131c) al menos una superficie y/o al menos un punto en la imagen (3a-3c) y asignar (131d) al menos a una superficie o al menos a un punto de la característica geométrica (22).

8. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 7, seleccionándose al menos una característica geométrica (22), cuya posición (22a) en el sistema de coordenadas absoluto (21) de la obra de construcción (2) resulta de un modelo teórico (24) tridimensional predeterminado de la obra de construcción (2) y/o de una estructura de construcción a construir o a modificar.

9. Procedimiento (100) según la reivindicación 8, siendo requerida (131e) por un operador al menos una asignación de una característica geométrica (22) representada en la imagen (3a-3c) a una característica geométrica (22') contenida en el modelo teórico (24) tridimensional de la obra de construcción (2).

10. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 9, generándose (135) un modelo real (23) tridimensional de la obra de construcción (2) a partir de varias imágenes (3a-3c), al reconocerse (136) patrones y formas tridimensionales y/o proyecciones bidimensionales de estos, en las imágenes (3a-3c) y/o agregándose (137) los píxeles de las imágenes (3a-3c) dando lugar a una nube de puntos (23a) en el espacio tridimensional y reconociéndose (138) los patrones o formas tridimensionales en esta nube de puntos (23a).

11. Procedimiento (100) según la reivindicación 10, evaluándose (136a, 137a, 138a) los píxeles de imagen cuya información de color es similar como pertenecientes al mismo patrón tridimensional o a la misma forma tridimensional y/o al mismo punto en el espacio tridimensional.

12. Procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 11, seleccionándose previamente (139) características

geométricas (22) que se reconocen (131) en el modelo real (23) tridimensional basándose en la información de color de los píxeles en imágenes (3a-3c).

5 13. Procedimiento (200) para el control de calidad asistido por ordenador de un encofrado predeterminado y/o de un andamio predeterminado en una obra de construcción (2) con las etapas:

- se calibra (210) un sistema de coordenadas interno (11) de un dispositivo móvil (1) con respecto a un sistema de coordenadas absoluto (21) de la obra de construcción (2) con el procedimiento (100) según una de las reivindicaciones 1 a 12;
- 10 • se transforma (220) un modelo teórico (24) tridimensional del encofrado o del andamio generado en el sistema de coordenadas absoluto (21) de la obra de construcción (2) y/o al menos una variable de estado resuelta espacialmente del encofrado o del andamio registrada en el sistema de coordenadas absoluto (21) de la obra de construcción (2) en el sistema de coordenadas interno (11) del dispositivo móvil (1) y el modelo teórico (24) y/o la
- 15 (2) desde la perspectiva del dispositivo móvil (1) y/o
- a partir de una comparación (240) entre el modelo teórico (24) del encofrado o del andamio, por una parte, y al menos una imagen y/o un escaneo (3a-3c) registrados por el dispositivo móvil (1) y/o al menos un modelo real (23) de la obra de construcción (2) determinado a partir de varias de estas imágenes y/o escaneos (3a-3c), por otra
- 20 parte, se comprueba (250) si al menos un componente y/o un accesorio del encofrado o del andamio han sido instalados correctamente en la obra de construcción (2).

25 14. Programa de ordenador que contiene instrucciones legibles por máquina que, cuando se ejecutan en al menos un ordenador y/o en al menos un dispositivo móvil, hacen que el ordenador o el dispositivo móvil lleven a cabo cada una de las etapas implementables por ordenador de un procedimiento (100, 200) según una de las reivindicaciones 1 a 13.

15. Soporte de datos legible por máquina y/o producto descargable con el programa de ordenador según la reivindicación 14.

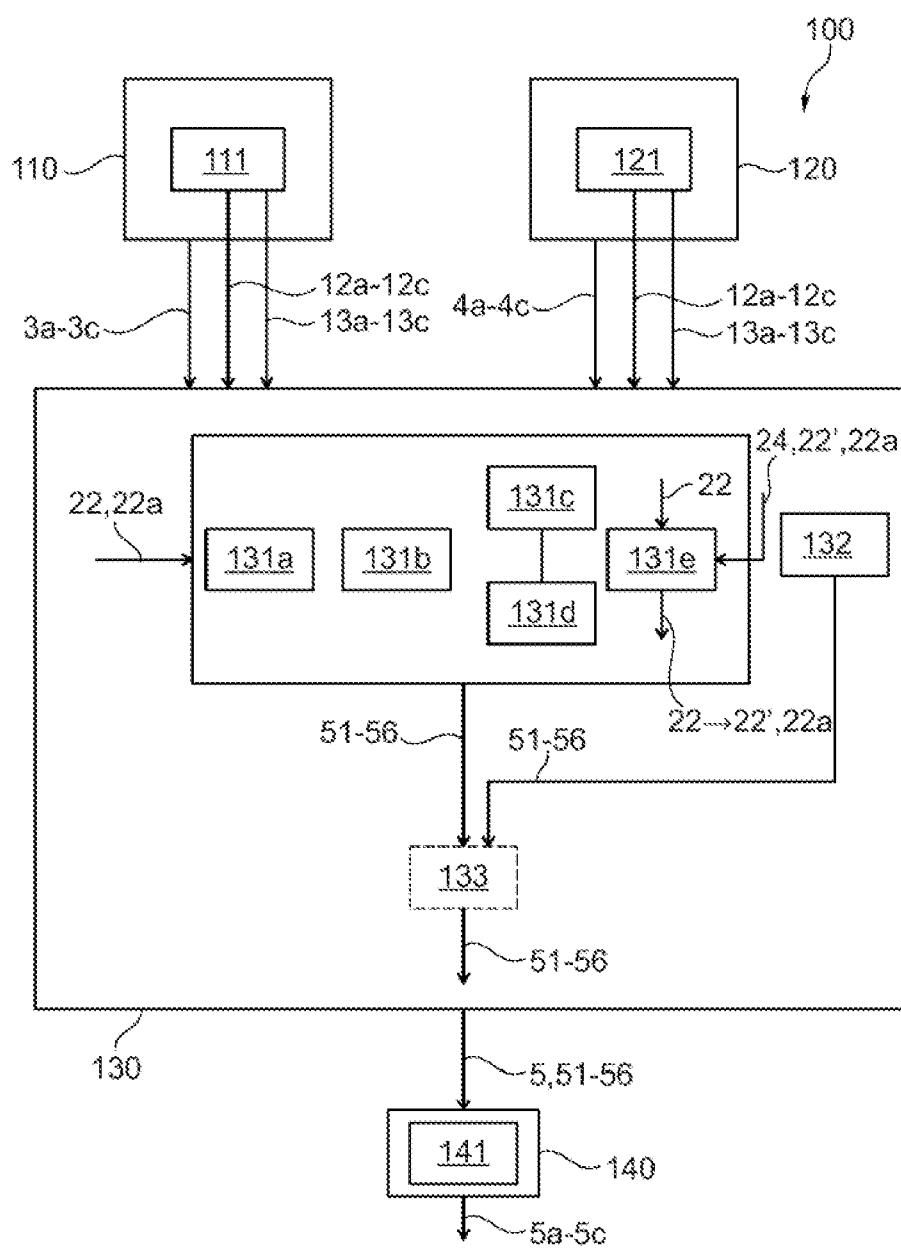


Fig. 1

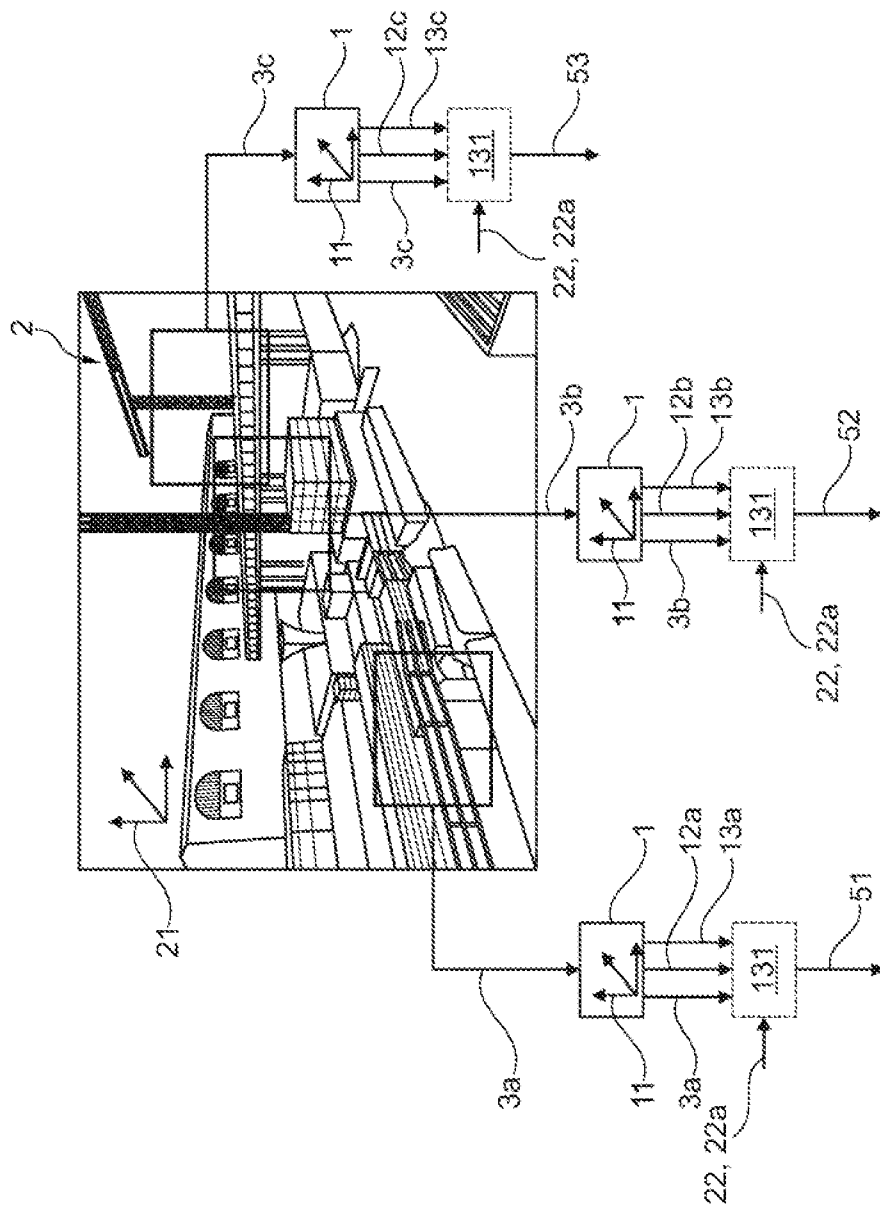


Fig. 2

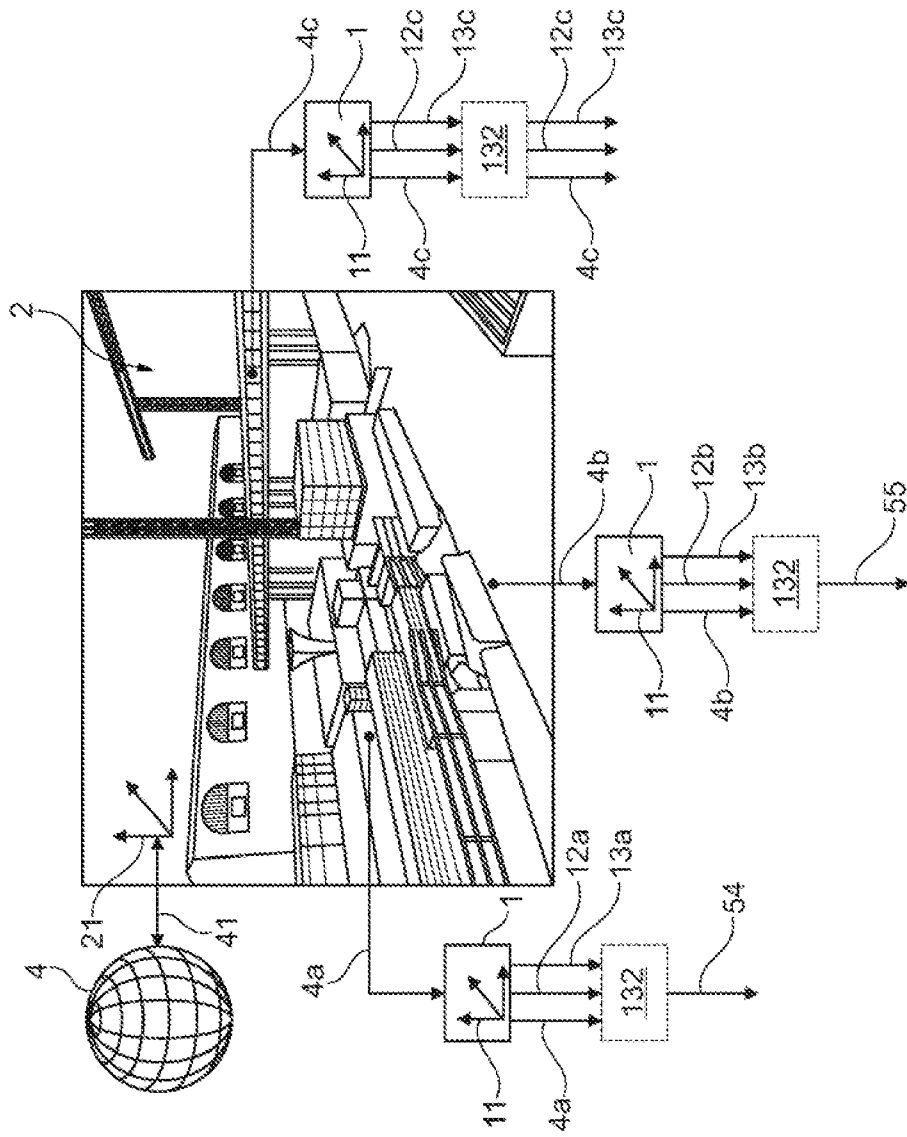


Fig. 3

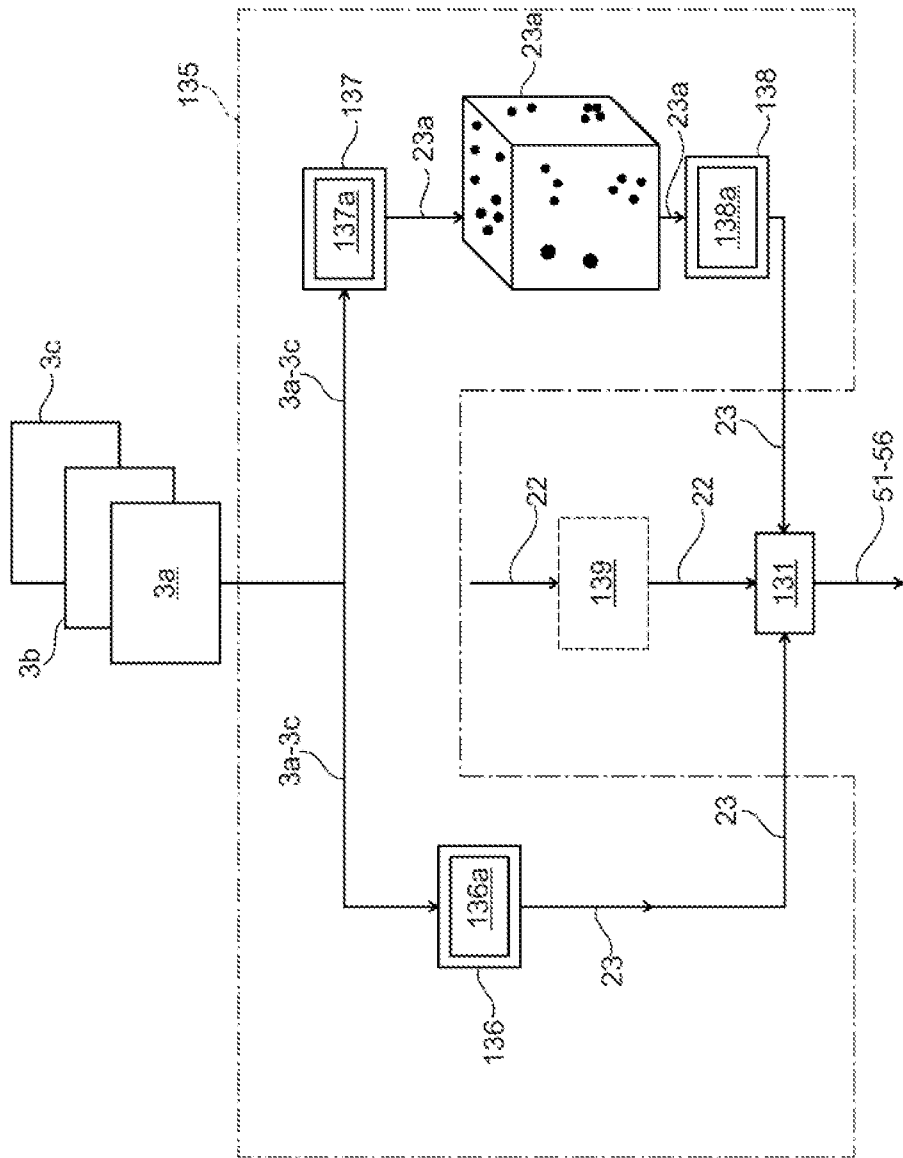


Fig. 4

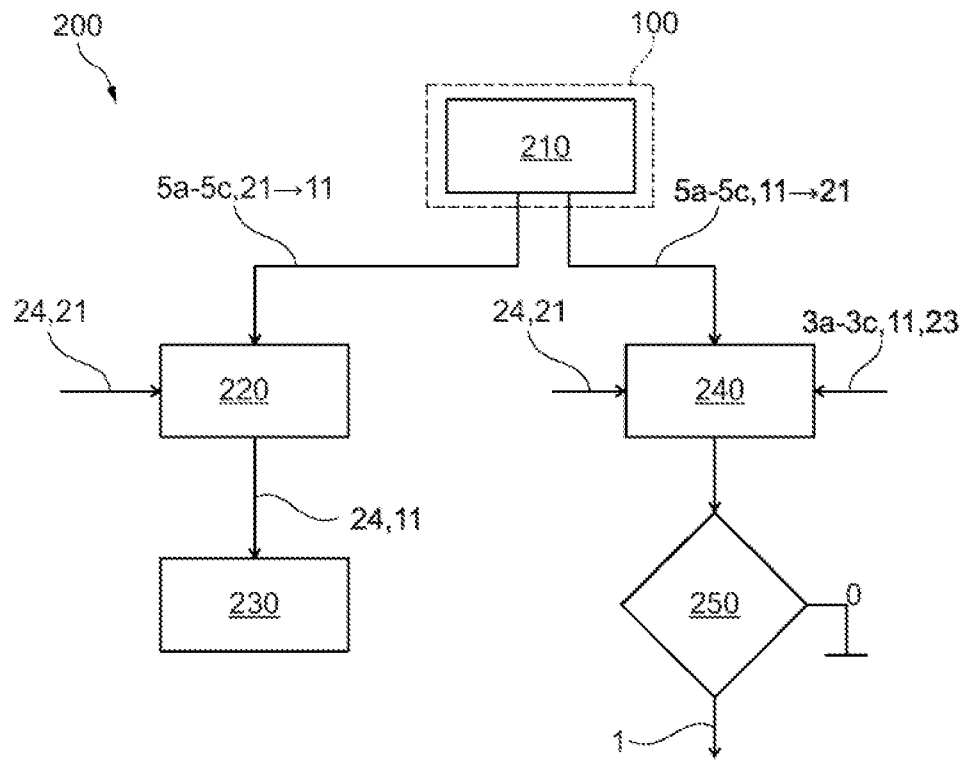


Fig. 5