



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 341 199**

⑫ Número de solicitud: 200800197

⑤① Int. Cl.:
G06T 17/50 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫② Fecha de presentación: **25.01.2008**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.06.2010**

⑫④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.06.2010

⑦① Solicitante/s: **FUNDACIÓN CARTIF**
Parque Tecnológico de Boecillo, Parcela 205
47151 Boecillo, Valladolid, ES

⑦② Inventor/es: **Zamala Casanova, Eduardo;**
Gómez García-Bermejo, Jaime;
Marcos Pablos, Samuel;
Llamas Fernández, José;
Domínguez Quijada, Salvador y
Perán González, José Ramón

⑦④ Agente: **Carpintero López, Francisco**

⑤④ Título: **Sistema de control y soporte en ejecución de obras mediante escaneado láser.**

⑤⑦ Resumen:

Sistema de control y soporte en ejecución de obras mediante escaneado láser.

La invención se refiere a un sistema de control y soporte en ejecución de obras que comprende un escáner láser (1), una cámara (3), un GPS (7) y un sistema inercial (8), todos ellos integrados y embarcados en la máquina de obra. Además se dispone de un sistema de visualización (5) y procesamiento online (18) de los datos obtenidos. Mediante el escáner láser y la cámara se capturan datos tridimensionales y colorimétricos de una región de terreno; simultáneamente se obtienen datos de posicionamiento y orientación de la máquina, y por tanto de escáner y cámara en el instante de escaneo. Con estas mediciones se referencian los datos tridimensionales y colorimétricos obtenidos a un sistema de referencia global, y se integran los datos de distintos escaneos en un único modelo tridimensional. La unidad de procesamiento permite construir modelos de superficies texturizadas a partir de los datos anteriores y realizar un ajuste fino. El sistema incluye medios de visualización, para la visualización conjunta del modelo incremental de terreno junto con otros modelos 3D de referencia, tal que en todo momento se tiene información precisa del progreso de la obra.

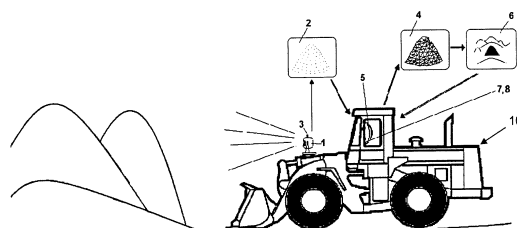


FIG. 1

ES 2 341 199 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema de control y soporte en ejecución de obras mediante escaneado láser.

5 Campo de la invención

La presente invención se enmarca dentro del campo de la construcción, concretamente en la ayuda al usuario de maquinaria pesada en su correcto guiado y operación a través de cualquier tipo de terreno. El abanico de aplicaciones es amplio e incluye cualquier tipo de proyecto de construcción o movimiento de tierras: carreteras, edificaciones, campos de golf, trabajos en canteras, etc.

Antecedentes de la invención

Los actuales sistemas destinados al guiado de maquinaria de construcción presentan limitaciones en cuanto a la autonomía e independencia del propio sistema de guiado. Por regla general, las propuestas de sistemas de guiado están basados en un conjunto de elementos externos (estaciones totales, sistemas de comunicación, sistemas geo-referenciación etc.) o internos (sistemas de posicionamiento global GPS) que suministran las órdenes de guiado por medio de un dispositivo de visualización. Sin embargo estos sistemas no disponen de sistemas de realimentación al operario que permitan a éste verificar el estado del entorno ni realizar un seguimiento de la evolución de tareas a realizar en la obra.

Otras propuestas se construyen como un conjunto de elementos destinados al posicionamiento de la maquinaria y los datos adquiridos del entorno, y a la propia captura de datos (en caso de incluir ésta característica). El único componente del sistema que se integra en la propia maquinaria es la componente de visualización, a la que puede acompañar un pequeño software de procesamiento de datos.

Existe, por tanto, la necesidad de mejorar los sistemas de guiado y ayuda al operario de maquinaria de construcción, de forma que se posibilite una visión global del estado de la obra y la evolución de la misma tanto analítica como cualitativamente, es decir, incluyendo datos numéricos específicos del progreso de la construcción, excavado, movimiento de terreno, etc. y proporcionando un modelo digital del terreno realista, preferiblemente texturizado, y en tiempo real, que ayude al operario en su percepción del progreso de la obra.

Además se observa la necesidad de un sistema autónomo e independiente de la maquinaria empleada o de las características del terreno para su correcto funcionamiento, de forma que pueda ser empleado sin ningún tipo de planificación o ajuste previo.

La aparición de escáneres modernos de largo alcance (tales como LaserAce, Mensi, Leica, Riegl, Faro, Optech) permite caracterizar el terreno mediante la generación de modelos tridimensionales del entorno.

En el documento de patente estadounidense US 2005/0283294 se describe un método (y un aparato) de guiado para maquinaria pesada o de movimiento de tierras, basado en escáneres de este tipo. Una serie de escáneres láser 3D se disponen por todo el terreno. Las imágenes 3D obtenidas por los escáneres se transmiten a una unidad de procesamiento remota, para determinar la geometría del terreno e inferir también la posición de la maquinaria.

Sin embargo, tanto el método descrito en este documento de patente US como otras aproximaciones al guiado de maquinaria por medio de modelos digitales del terreno de trabajo, presentan el inconveniente de que debe realizarse una planificación previa para el correcto posicionamiento de las distintas (múltiples) unidades de escaneo. Además, habrá superficies dentro del terreno que no pueden ser escaneadas con estos escáneres fijos, ya que existirán regiones de sombras provocadas por la propia topografía del terreno y por la propia maquinaria. En particular esto último implica que pudiera ser necesario detener la maquinaria presente en la obra, o incluso retirarla, si se desea obtener información tridimensional precisa de las modificaciones que se realizan en la superficie de trabajo.

Otra importante limitación de los sistemas actuales es la falta de realismo de los datos generados. De cara al usuario, es importante conocer no sólo los dichos datos geométricos, sino que además es recomendable que el modelo 3D generado a partir de dichos datos sea lo más realista posible, de forma que resulte intuitivo y facilite su utilización. Sin embargo, las soluciones existentes no contemplan la incorporación de información colorimétrica a los modelos tridimensionales.

Algunos de los recientes escáneres de largo alcance son capaces de proporcionar la intensidad del haz láser reflejado (LaserAce, Mensi), pero esto es sólo es una burda aproximación al color real (monocromática, y directamente determinada por la el ángulo de incidencia del láser en el terreno, no sólo por la reflectancia). Otros modelos más avanzados (Leica, Riegl, Faro, Optech) proveen el color de cada punto 3D medido, mediante un dispositivo captador de imágenes adicional. Sin embargo, este color tiene una resolución muy inferior a la deseable para obtener un alto realismo (dado que se limita a la resolución de la medición geométrica, a su vez restringida severamente por el tiempo que se requiere para la medición completa de la escena). Además la limitación de resolución restringe la utilización de la información colorimétrica como medio para corregir la posición.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un sistema de adquisición, tratamiento y visualización de datos relativos a un trabajo realizado por una máquina en un terreno de acuerdo con la reivindicación 1. Realizaciones preferidas del sistema se describen en las reivindicaciones dependientes.

Las deficiencias mencionadas anteriormente se superan con el sistema de la invención, que permite al escaneado del terreno mediante un sistema embarcado en la propia máquina.

Según un primer aspecto de la invención, ésta se refiere a un sistema de adquisición, tratamiento y visualización de datos relativos a un trabajo realizado por una máquina en un terreno que comprende:

- una unidad de escaneado para capturar datos tridimensionales con información topográfica de una región de dicho terreno en un instante de escaneo,
- un dispositivo de posicionamiento GPS y una unidad de medición inercial, para proporcionar datos de posicionamiento y orientación de la máquina en dicha región en el instante de escaneo;

estando escáner, dispositivo de posicionamiento GPS y unidad de medición inercial todos embarcados en la máquina, y comprendiendo

- una unidad de procesamiento también embarcada, y configurada para:
 - aplicar un algoritmo de reconstrucción mediante primitivas geométricas (tales como triángulos), a partir de los datos tridimensionales procedentes de los medios de escaneado para obtener un primer conjunto de datos tridimensionales reconstruidos en diferentes instantes de escaneo;
 - mediante los datos de posicionamiento y orientación de la máquina referenciar dichos datos tridimensionales triangulados a un sistema de referencia global, y generar un único modelo digital 3D del terreno;
 - aplicar un algoritmo de emparejamiento mediante optimización matemática iterativa, de escaneos sucesivos, que provee un incremento de la precisión del alineamiento de las distintas tomas adquiridas en los escaneos parciales realizados, permitiendo así la corrección de los errores de posición y orientación intrínsecos al dispositivo de posicionamiento y la unidad de medición inercial, generando un único modelo digital 3D del terreno;
 - comparar dicho modelo digital del terreno con un modelo CAD del terreno previamente generado;

y donde el sistema además comprende:

- medios de visualización para visualizar dicha comparación y para proporcionar a un usuario de la máquina información visual del posicionamiento de la máquina, proporcionando así información en tiempo real del progreso del trabajo.

El sistema de la invención preferiblemente comprende además medios de captura de imagen para capturar datos colorimétricos de dicha región en el instante de escaneo; y la unidad de procesamiento está configurada para combinar dichos datos tridimensionales reconstruidos y dichos datos colorimétricos, y mediante los datos de posicionamiento y orientación de la máquina referenciar dichos datos tridimensionales reconstruidos y colorimétricos a un sistema de referencia global, y generar así un único modelo digital 3D texturizado del terreno.

La unidad de escaneado puede ser un escáner láser. La unidad de medición inercial comprende preferiblemente un DSP configurado para implementar un algoritmo de fusión de datos procedentes de tres fuentes de información.

La unidad de medición inercial preferiblemente recoge datos de tres fuentes de información, que están compuestas por tres acelerómetros 3D, tres giróscopos 3D y un magnetómetro 3D.

Sobre dichos datos tridimensionales reconstruidos preferiblemente se aplica un mapeado de color (en el interior de las primitivas geométricas), lo que permite obtener resolución de color y, por tanto, un grado de realismo muy superior al que se obtiene cuando se considera simplemente el color en los puntos 3D medidos. Preferiblemente se realiza este mapeo para dar más realismo. Este mapeo consiste preferiblemente en pegar el color en el interior de cada primitiva geométrica, no sólo en los vértices (que son los puntos medidos). Además, dichos datos colorimétricos son empleados en la realización preferida para el alineamiento de diferentes escaneos, logrando un mayor grado de ajuste entre en el posicionamiento global de los mismos y acelerando el proceso de ajuste de su posición y orientación.

La unidad de visualización del sistema -que puede ir a bordo de la propia maquinaria-, muestra al operario el modelo global medido del terreno visto desde el propio punto de vista de su posición y orientación actuales (o bien desde cualquier otro punto de vista arbitrario); también se pueden superponer otros modelos que pudieran ser de

referencia de acuerdo con el plan de obra. Todo lo cual proporciona al operario una información clara y precisa acerca de hacia dónde debe dirigir su actividad para conseguir una mayor correspondencia entre el estado real y el estado deseado.

5 Es, por tanto, un objetivo de la invención proporcionar un sistema de adquisición, tratamiento y visualización de datos tridimensionales y colorimétricos del terreno que sea modular e independiente de las características de la maquinaria empleada o el terreno sobre el que tenga lugar el trabajo realizado.

10 La solución desarrollada en otras invenciones mide cuidadosamente el emplazamiento y orientación del escáner, pero esto no resulta necesario en la presente invención dado que la unidad de escaneo va embarcada en la propia maquinaria de obra. Efectivamente, al tratarse de un sistema embarcado, y por lo tanto móvil, surgen problemas de posicionamiento y alineamiento de los datos obtenidos, ya que se desconoce *a priori* la posición y orientación exactas de la unidad de escaneo (que es móvil). Por medio de un dispositivo de posicionamiento GPS y una unidad de medición inercial se obtiene una información aproximada de la posición y orientación en la que se ha realizado
15 el escaneo. El margen de incertidumbre debido a los errores propios de estos dos sistemas es corregido en el sistema mediante el empleo de un algoritmo software de emparejamiento mediante optimización matemática iterativa, de escaneos sucesivos, conjuntamente sobre los datos 3D, y en su caso colorimétricos, que provee un incremento de la precisión del alineamiento de las vistas 3D, lo permite un ajuste fino en la unión de las distintas tomas (siempre partiendo de la información inicial obtenida del GPS e IMU).

20 Se trata, por tanto, de la fusión de la información real obtenida por medio de sensores externos, con un algoritmo que permite la corrección de errores intrínseco a dichas fuentes sensoriales.

25 Además, al tratarse de un sistema embarcado que acompaña a la máquina, permite aumentar el nivel de detalle de ciertas regiones, pudiendo decidir qué regiones del terreno necesitan de un mayor nivel de detalle para su correcta identificación.

30 Tal como se ha mencionado, preferiblemente el sistema incluye medios de captura de imagen para capturar datos colorimétricos de dicha región de terreno en el instante de escaneo. En primer lugar, esto permite por una parte mejorar la precisión del alineamiento de las vistas, dado que al considerar únicamente la información geométrica pueden surgir ambigüedades de alineamiento (que se alineen regiones distintas con geometría similar); el color provee información adicional cuya coincidencia se impone como criterio adicional de cara a garantizar el alineamiento geométrico correcto mediante optimización matemática. En segundo lugar, el color permite distinguir características del terreno que únicamente son detectables si se posee esta información colorimétrica del mismo. Para un usuario no experto,
35 la comparación del modelo escaneado con el modelo teórico, puede resultar un proceso difícil si no se tiene esa información de colores y texturas (información colorimétrica). De forma adicional, en la presente invención el color adquirido por los medios de captura de imagen se mapea en el interior de las primitivas geométricas utilizadas para la construcción del modelo global (típicamente triángulos), tras una oportuna calibración previa del conjunto que provee la parametrización necesaria para dicha proyección. De esta forma, se consigue un modelo texturizado con un grado
40 de realismo mucho mayor que si se el color se limita a los puntos 3D medidos, puesto que se alcanza una resolución del color mucho mayor que la resolución geométrica.

Esta realización preferida del sistema con medios de captura de imagen permite además la identificación concreta de detalles del terreno (defectos en la superficie, grietas pequeñas, diferencias en la tonalidad, etc.) de forma que
45 puedan ser identificables, por ejemplo, distintas regiones en el modelo 3D dentro de una misma superficie plana, hecho que resulta imposible si únicamente se utiliza un modelo 3D sin información de color.

Los elementos esenciales del sistema se encuentran integrados y embarcados en la máquina, gracias a lo cual no se necesita ninguna infraestructura exterior. El sistema es integrable a cualquier tipo de maquinaria, sin necesidad de
50 ningún requisito previo, e independientemente de las características de la misma.

Breve descripción de los dibujos

55 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se presentan como ejemplos ilustrativos pero no limitativos de ésta.

La Figura 1 muestra una vista esquemática del sistema de la invención en una máquina de construcción sobre un terreno.

60 La Figura 2 muestra en detalle el cabezal sobre el que están montados escáner y cámara, así como la unidad de procesado.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo esquemático del funcionamiento del sistema de la invención.

65 Descripción detallada de una realización preferida de la invención

El funcionamiento global del sistema puede observarse en la figura 1. En ella se observa una máquina de construcción 10 trabajando sobre un terreno, habiéndose acoplado a la máquina el sistema propuesto en esta invención.

ES 2 341 199 A1

El sistema está dotado de un escáner láser lineal 1 ubicado en la máquina, para hacer un barrido tridimensional del espacio que rodea a la máquina. También en la máquina está embarcada una cámara web 3.

5 Escáner y cámara están en la propia máquina, que es un elemento en movimiento, lo que permite una mejor adquisición de los datos. Ambos están situados sobre un cabezal pan-tilt 9, que es el encargado de posicionar el escáner láser y la cámara Web, valiéndose de dos motores acoplados mecánicamente. El cabezal cuenta con un control eléctrico adecuado de forma que se puede alcanzar un elevado control de posición sin necesidad de mantener un control en lazo cerrado.

10 Cada motor se encarga de un movimiento del sistema. El primer motor 12, que es el más grande y más preciso de los dos motores está acoplado al movimiento vertical del sistema (tilt) a través de un sistema reductor de velocidad que amplía la fuerza otorgada al motor y a la vez aumenta su precisión hasta los 0'25 grados por paso, que corresponde con la resolución angular mínima del escáner láser escogido. De esta forma es posible obtener una nube de puntos final con distancias estándar, ya que se puede hacer que la resolución del cabezal y la del escáner láser coincidan según la
15 necesidad de la aplicación simplemente modificando su configuración en el sistema de control.

El segundo motor 13, encargado del movimiento horizontal (pan), es mucho más pequeño que el anterior. A él se acopla directamente la cámara la cual puede ser movida sin mayor esfuerzo ya que su peso no es muy significativo. Éste motor tampoco requiere de una gran resolución, ya que no se necesitan muchas imágenes para cubrir el espacio
20 escaneado, la resolución de este motor es de 1'5 grados por paso.

Se cuenta con un final de carrera a menos 30° para el caso del primer motor -encargado del movimiento del escáner láser, y a 0° para el segundo motor -encargado de mover la cámara, de tal forma que se puede reubicar el sistema después de un periodo de inactividad o al inicio.
25

El cabezal además está diseñado para que el acoplamiento del escáner y de la cámara sea fácil y rápido.

Con esta configuración descrita para el cabezal, el escáner láser lineal 1 es capaz de capturar las distancias lineales al objeto más próximo dentro de la misma línea desde -90° hasta 90°, con una resolución de 0'25°, 0'5° o 1°. Puede
30 alcanzar una distancia de 32 metros con 1 cm. de precisión.

La cámara 3 opera como dispositivo de vídeo, y el software de control es el encargado de gestionar las imágenes enviadas por ésta. El cabezal es el encargado de posicionar la cámara.

35 La unidad de procesamiento online 18 (control, localización, tratamiento y visualización) se encuentra integrada en la cabina de la máquina 10, donde estará ubicado el usuario de la misma.

La parte correspondiente a escáner 1 y cámara 3, así como los módulos de localización GPS 7 e IMU 8, procesamiento
40 18 y visualización 5 se encuentran integrados en la propia máquina.

El sistema está además dotado de un circuito de control del cabezal, integrado en una pequeña caja 14 que hace muy fácil su acoplamiento y transporte. Este circuito está dividido en dos partes:

45 - Una primera parte que es la encargada de gestionar la comunicación con el ordenador desde el cual se controla el sistema global. Está implementada por medio de un microcontrolador pic 16F876, que se encarga de recibir las órdenes y ejecutar las tareas necesarias para llevarlas a cabo.

- Una segunda parte que se encarga del control de la potencia de los motores. Consiste en un driver de potencia que amplía las señales emitidas por el microcontrolador para los motores paso a paso.
50

También cuenta con un hub USB 17, el cual centraliza los puertos de comunicación de los diferentes dispositivos (cabezal, escáner láser, cámara web) de forma tal que hacia el ordenador de control 18 sólo se dirija un cable USB.

55 Mediante un dispositivo de posicionamiento GPS 7 y una unidad de medición inercial IMU 8 se obtiene información de la posición y orientación en la que se ha realizado cada escaneo.

La unidad de medición inercial proporciona información precisa de variaciones en la orientación. Dispone de un DSP que implementa un algoritmo de fusión de los datos procedentes de tres fuentes de información integradas: tres acelerómetros 3D, tres giróscopos 3D y un magnetómetro 3D. De esta forma se compensan los posibles errores en la
60 integración de la cuantía de giro (sistema AHRS).

Por su parte, el dispositivo GPS proporciona información del posicionamiento global del sistema. Se trata de un GPS programable que permite la correcta integración de los datos de posicionamiento obtenidos con los datos 3D capturados en el proceso de escaneo, de forma que estos últimos estén correctamente referenciados en todo momento.
65 Alternativamente al GPS se puede utilizar una Estación Total georeferenciada dotada de un sistema láser que mediante apuntamiento a un prisma ubicado en la máquina, y que determina la posición de la misma enviándose vía módem inalámbrico a la unidad de procesamiento online embarcada.

Existe un cierto margen de incertidumbre debido a los errores propios de estos dos sistemas. La correcta alineación de los datos obtenidos con el modelo teórico generado se logra integrando los datos de posicionamiento procedentes de dos fuentes de información: GPS o Estación Total 7 y sistema inercial 8.

Además se aplica un algoritmo de emparejamiento mediante optimización matemática de nubes de puntos sobre los datos procedentes del escáner, permitiendo la correcta alineación e integración de las distintas tomas de datos adquiridas, lo que mejora el alineamiento de la región escaneada con el modelo CAD de partida. Este algoritmo puede operar incluso sin la información colorimétrica (sólo con los datos tridimensionales), si bien en este caso la precisión que se alcanza es inferior.

El funcionamiento del sistema es el siguiente: a intervalos continuos, o en cualquier momento si así lo demanda el usuario de la máquina, el sistema toma una muestra del terreno. En la unidad de procesamiento online 18 los datos 2 obtenidos por el escáner 1 son triangulados y filtrados para construir un modelo de superficies. A continuación se le añade la información de texturas 4 procedente de la cámara 2, y se incluye información sobre el posicionamiento de la región escaneada a partir de los datos procedentes del GPS o Estación Total y el sistema inercial. A partir de los datos de posicionamiento obtenidos y mediante un algoritmo fusión de vistas, se va construyendo un modelo incremental 6 de la zona de construcción. Dicho modelo incremental puede ser visualizado por el usuario junto con el modelo CAD que contiene información del estado final deseado de la obra.

En la figura 3 se muestra una descripción más detallada de las distintas etapas que realiza el sistema para la construcción del modelo incremental. Una vez que el operario se encuentre en una determinada región de interés dentro del área de trabajo, el escáner láser 1 realiza un barrido de dicha región, obteniendo información tridimensional 2 en forma de coordenadas 3D (nube de puntos). Simultáneamente, la cámara 3 adquiere un conjunto de imágenes 3a que abarcan la región escaneada. Tanto la información tridimensional 2 como la información colorimétrica 3a son transferidas a la unidad de procesamiento 18.

En dicha unidad se realiza la construcción de un modelo de superficies 3D mediante primitivas geométricas (típicamente triángulos) 4, y se añaden las texturas correspondientes a dichas primitivas 22. De esta forma se obtiene un modelo tridimensional texturizado 23 de la región concreta que se encuentra frente a la máquina.

Para integrar el modelo de la región 23 generado al modelo incremental 6 global, es necesario conocer la posición relativa de la nueva región escaneada respecto a dicho modelo global. Para ello, la unidad de procesamiento parte de la información estimativa de la posición 20a y orientación 20b de la máquina en el momento de la adquisición de los datos. Dicha información es adquirida por las unidades GPS 7 e IMU 8. Dado que los datos provenientes de dichas unidades son aproximados y poseen, por tanto, un margen de error, se realiza un proceso iterativo de corrección por software de la posición relativa de la nueva región respecto al resto del modelo incremental previamente generado (20, 21). Suponiendo que existe una región de intersección espacial entre la nueva región y el modelo de referencia, el proceso iterativo emplea conjuntamente la información tridimensional adquirida por el escáner y la información colorimétrica adquirida por los medios de captura de imágenes para extraer puntos o regiones de similares características en la nueva región escaneada y el modelo incremental de referencia. La posición y orientación iniciales de la nueva región escaneada se varían progresivamente hasta hacer coincidir la región de intersección en ambas vistas, logrando así su correcto alineamiento.

Finalizado dicho proceso iterativo, se actualiza el modelo tridimensional incremental 24 con la nueva región obtenida, y el conjunto se envía a la unidad de visualización 5. En dicha unidad, el operario puede observar el modelo incremental construido junto con el modelo de referencia, obteniendo así información del progreso de la obra 25.

La invención ha sido descrita según una realización preferida de la misma, pero para el experto en la materia resultará evidente que otras variaciones pueden ser introducidas sin exceder el objeto de la invención reivindicada.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de adquisición, tratamiento y visualización de datos relativos a un trabajo realizado por una máquina (10) en un terreno que comprende:

- una unidad de escaneado (1) para capturar datos tridimensionales con información topográfica (2) de una región de dicho terreno en un instante de escaneo,
- un dispositivo de posicionamiento GPS (7) y una unidad de medición inercial (8), para proporcionar datos de posicionamiento (20a) y orientación (20b) de la máquina en dicha región en el instante de escaneo;

estando unidad de escaneado (1), dispositivo de posicionamiento GPS (7) y unidad de medición inercial (8) todos embarcados en la máquina (10), y comprendiendo

- una unidad de procesamiento (18) también embarcada, y configurada para:
 - aplicar un algoritmo de reconstrucción mediante primitivas geométricas a partir de los datos tridimensionales procedentes de los medios de escaneado para obtener un primer conjunto de datos tridimensionales reconstruidos en diferentes instantes de escaneo;
 - mediante los datos de posicionamiento y orientación de la máquina referenciar dichos datos tridimensionales reconstruidos a un sistema de referencia global;
 - aplicar un algoritmo de emparejamiento mediante optimización matemática iterativa entre escaneos sucesivos para proporcionar incremento de precisión en el alineamiento de los datos de diferentes instantes de escaneo y corregir errores de posición y orientación intrínsecos al dispositivo de posicionamiento y la unidad de medición inercial, generando un único modelo digital 3D del terreno (24);
 - comparar dicho modelo digital del terreno (24) con un modelo CAD del terreno (6) previamente generado; y

en donde el sistema además comprende:

- medios de visualización (5) para visualizar dicha comparación y para proporcionar a un usuario de la máquina (10) información visual del posicionamiento de la máquina, proporcionando así información en tiempo real del progreso del trabajo (25).

2. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende:

- medios de captura de imagen (3) para capturar datos colorimétricos de dicha región en el instante de escaneo;

y la unidad de procesamiento (18) está configurada para combinar dichos datos tridimensionales reconstruidos y dichos datos colorimétricos, y mediante los datos de posicionamiento y orientación de la máquina referenciar dichos datos tridimensionales reconstruidos y colorimétricos a un sistema de referencia global, y generar así un único modelo digital 3D texturizado del terreno (2).

3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de escaneado (1) es un escáner láser.

4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de medición inercial está configurada para recoger datos de tres fuentes de información están compuestas por tres acelerómetros 3D, tres giróscopos 3D y un magnetómetro 3D.

5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en el que los dichos datos colorimétricos son empleados en el alineamiento de diferentes escaneos.

6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas primitivas geométricas son triángulos.

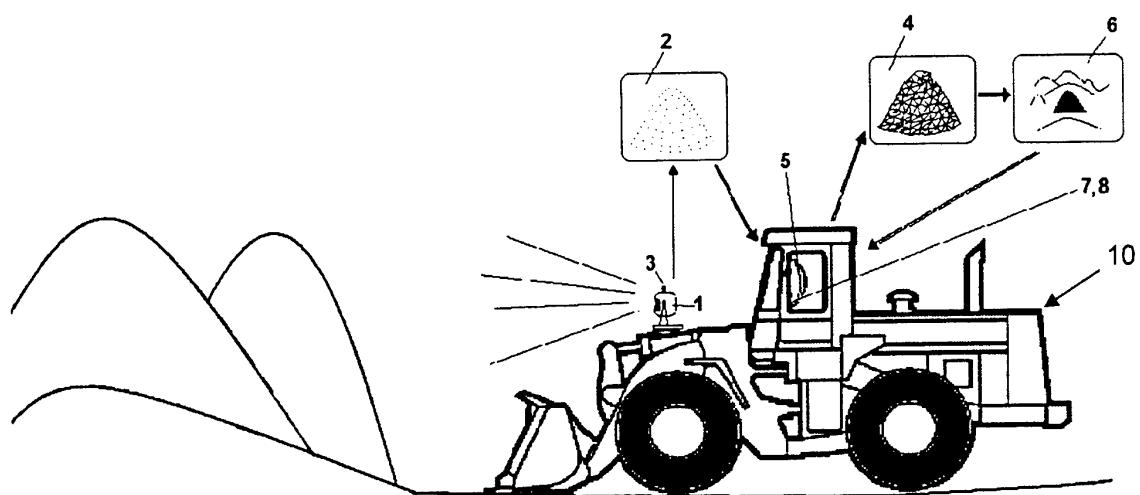


FIG. 1

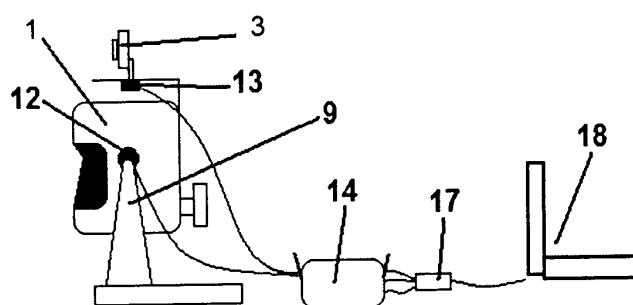


FIG. 2

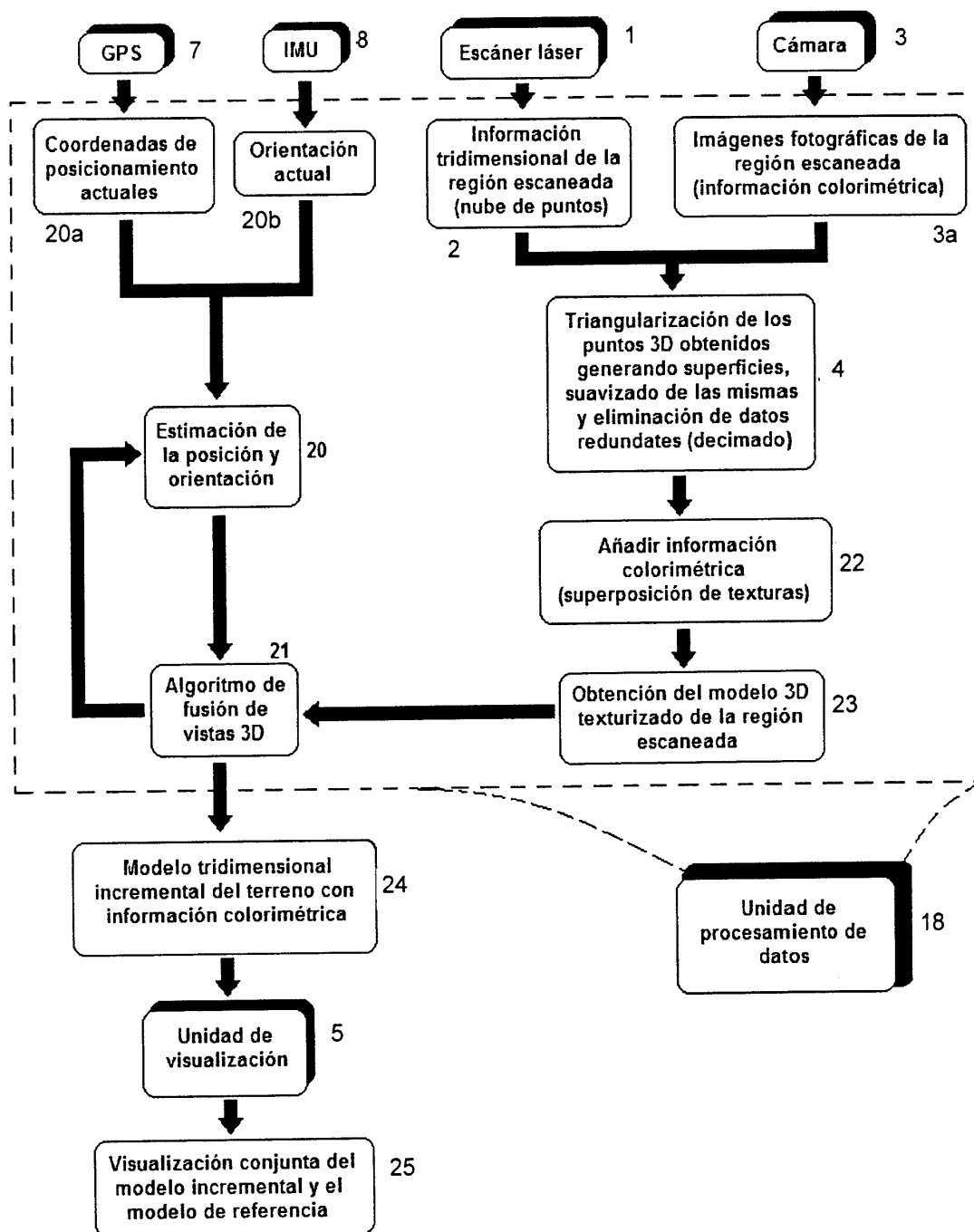


FIG. 3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 341 199

⑫ Nº de solicitud: 200800197

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 25.01.2008

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: G06T 17/50 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	B. Grinstead, A. Koschan, D. Page, A. Gribok, and M. A. Abidi, "Vehicle-borne Scanning for Detailed 3D Terrain Model Generation," SAE (Society of Automotive Engineers) Commercial Vehicle Engineering Congress, pp. 1-9, Chicago, IL, SAE Technical Paper 2005-01-3557, November 2005.	1-6
Y	US 2004073360 A1 (FOXLIN) 15.04.2004, resumen; párrafos [0163-0170]; párrafos [0176-0180]; párrafo [0194]; párrafo [0419]; párrafo[0446]; párrafo[0432-0435];	1-6
Y	Si-Jie Yu, Sreenivas R. Sukumar, Andreas F. Koschan, David L. Page and Mongi A. Abidi, 3D reconstruction of road surfaces using an integrated multi-sensory approach, Optics and Lasers in Engineering, Volume 45, Issue 7, July 2007, Pages 808-818.	1-6
Y	US 2003135327 A1 (LEVINE et al.) 17.07.2003, resumen;	1-6
A	US 2007032951 A1 (TANENHAUS et al.) 08.02.2007, resumen; párrafo [0002]; párrafo [0003]; párrafo [0007]; párrafo [0013]; párrafo [0014]; párrafo [0017];	4
A	Goulette, F. et al. "An Integrated On-board Laser Range Sensing System for On-the-way City and Road Modelling". In: Proceeding of the ISPRS Commission I Symposium, "From Sensor to Imagery", Paris, 3-5. July 2006; pp. 43:1-43:6.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

19.05.2010

Examinador

M. Alvarez Moreno

Página

1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 19.05.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-6	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones		SÍ
	Reivindicaciones	1-6	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	B. Grinstead, A. Koschan, D. Page, A. Gribok, and M. A. Abidi, "Vehicle-borne Scanning for Detailed 3D Terrain Model Generation," SAE (Society of Automotive Engineers) Commercial Vehicle Engineering Congress, pp. 1-9, Chicago, IL, SAE Technical Paper 2005-01-3557, November 2005.	- -
D02	US 2004073360 A1	15-04-2004

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 muestra un sistema de escáner móvil para la generación de mapas 3D del terreno. El sistema combina escáner láser, video cámaras de alta resolución, sistema de posicionamiento GPS y sistema de navegación inercial. Todo el conjunto de sensores se encuentra montado sobre un vehículo que se mueve alrededor de la zona a digitalizar. Es posible añadir una capa de textura en base a la información recibida por la videocámara de alta resolución. La información de posición y orientación se utiliza para alinear perfiles e imágenes de textura y situarlas en un sistema de coordenadas común. A medida que el vehículo se mueve sobre el terreno a digitalizar, el sistema adquiere perfiles en geometría 3D del terreno mientras el sistema de estimación de posición adquiere información sobre el movimiento de la plataforma. El sistema completo puede subdividirse en tres subsistemas: sensores de adquisición de geometría y texturas, módulo de estimación de posición, y fusión de datos y sistema de procesamiento.

Módulo de estimación de posición: Realiza la estimación mediante de dos formas distintas; la primera consiste en la utilización de la información obtenida por el GPS y el IMU, la segunda consiste en procesar la información procedente del video mediante algoritmos apropiados. Este último caso se utiliza en aquellos instantes en que la información procedente del GPS no tenga la calidad requerida.

Fusión de datos y Procesamiento del modelo.- El procedimiento consiste en las siguientes etapas:

- Fusión de los datos sin tratar en un modelo único.- Se combina la información de localización para proporcionar la posición y orientación del conjunto de sensores en cada momento de escaneo. Con dicha información se relacionan los datos individuales del escáner con las imágenes digitales. Una vez que se ha conseguido la fusión de los datos de la información de localización, el alineamiento de los perfiles individuales láser y las imágenes de color es un proceso directo. Con el uso de las transformaciones apropiadas se obtiene la información de los datos referida a un sistema de referencia global.

- Procesamiento geométrico.- Una vez que los datos han sido fusionados se dispone de un modelo 3D para su procesamiento por cualquiera de los múltiples algoritmos existentes. El documento muestra el procesamiento orientado a rellenado de huecos y eliminación de geometría redundante; eliminación de ruido; y simplificación adaptativa.

El documento muestra una serie de resultados experimentales obtenidos en diferentes entornos. En el primer caso el sistema se utilizaba para obtener un modelo en 3D de los edificios y estructuras existentes sobre el terreno. En el segundo caso, se utiliza la plataforma móvil para obtener información del terreno sobre el cual se encuentra moviéndose. El sistema de adquisición consta de una plataforma móvil (una furgoneta) sobre cuyo techo se encuentra montado el conjunto de sensores. Dicho conjunto consiste en: un sistema de posicionamiento GPS, una unidad IMU que proporciona información de orientación y aceleración, una cámara de alta definición que adquiere imágenes a color, un escáner láser que adquiere la geometría en 3D para 20 perfiles/segundo. Las figuras 9 y 10 muestran los modelos generados utilizando primitivas geométricas (triángulos).

Hoja adicional

El documento D02 muestra un sistema para realizar seguimiento de objetos y la generación de mapas basándose en las medidas obtenidas desde distintos tipos de sensores. Las figuras 1 y 2 (párrafos [0163-0170]) muestran la arquitectura del sistema. El sistema de navegación incluye sensores que proporcionan datos medidos y una unidad de procesamiento que permite el procesamiento de los datos anteriores. El sistema de navegación genera un mapa del entorno y determina la localización del vehículo en el marco de referencia. La posición y orientación del vehículo se obtiene tanto a partir de medidas inerciales (IMU), como a partir del análisis de medidas obtenidas por diversos sensores. Las medidas obtenidas por diversos sensores pueden ser relativas a un marco de referencia concreto (ej, GPS, altímetro, compás) o pueden ser medidas mapa-referenciadas (ej, cámaras). Los párrafos [0176-0180] indican otros tipos posibles de sensores a utilizar; por ejemplo entre los que ofrecen información referida a puntos del mapa pueden citarse la utilización de un escáner láser o de sensores de imagen; entre los que ofrecen información referida a propiedades físicas del entorno pueden citarse el uso de GPS y el de magnetómetros. Según la medida que desee obtenerse los sensores pueden estar embarcados en el vehículo o fijos en el entorno. La unidad de procesamiento de datos [párrafo 0194] procesa toda la información obtenida de los sensores e incluye un módulo de actualización de estados que permite actualizar el estado del vehículo, el mapa del vehículo y el mapa del entorno. La unidad de procesamiento de datos [párrafos 0419, 0446, 0447] puede encontrarse embarcada en el vehículo o situarse en el exterior. Entre las posibles aplicaciones de este sistema [párrafos 0432-0435] se encuentra la generación de mapas 3D.

- Reivindicación independiente 1

El documento D01 muestra un sistema de adquisición equivalente al definido en la reivindicación 1. La única diferencia consiste en que la unidad de procesamiento se encuentra embarcada en la propia máquina y la existencia de medios de visualización para indicar en tiempo real el posicionamiento al usuario de la máquina. El documento D01 indica que el sistema adquiere los datos en tiempo real, pero los procesa posteriormente (offline) con el fin de conseguir estar el mínimo tiempo sobre el terreno y obtener la máxima calidad del modelo. Por otra parte el documento D02 muestra que el hecho de llevar la unidad de procesamiento embarcada o no depende únicamente de la capacidad de procesamiento de la que se quiera dotar a la unidad de procesamiento. Aunque el documento D01 no muestre implícitamente la existencia de medios de visualización, su necesidad es algo evidente para mostrar los modelos en 3D generados, y que se muestran en las figuras 8 a 13. A la vista de los documentos D01 y D02 la reivindicación 1 carece de actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

- Reivindicaciones dependientes 2 y 5

El documento D01 (página 2, columna 1) ya muestra la utilización de medios de captura de imagen a color para combinarlos con las datos procedentes del escaneo y generar un modelo 3D texturizado. Las reivindicaciones 2 y 5 carecen de actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

- Reivindicación dependiente 3

El documento D01 ya muestra la utilización de un escáner láser. La reivindicación 3 carece de actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

- Reivindicación dependiente 4

El documento D01 muestra la utilización de una unidad inercial que consta de una serie de acelerómetros y giroscopios (figura 4). La reivindicación 4 indica que la unidad utilizada en la invención consta de un magnetómetro adicional. El documento D02 [párrafo 0179] muestra la posibilidad de incorporar diversos tipos de sensores (p.ej. magnetómetros) que permitan obtener medidas de propiedades físicas del entorno. La reivindicación 4 carece de actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

- Reivindicación dependiente 6

El documento D01 ya muestra la utilización de triángulos como primitivas geométricas (figuras 9 y 10). La reivindicación 6 carece de actividad inventiva según el artículo 8.1 de la Ley de Patentes.