

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 982**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G06K 9/00 (2006.01)

H02S 50/10 (2014.01)

F24S 40/00 (2008.01)

G05D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2014** **PCT/EP2014/078236**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016** **WO16095985**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2014** **E 14815689 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019** **EP 3233631**

54 Título: **Inspección de un panel solar con un vehículo aéreo no tripulado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
04.03.2020

73 Titular/es:

ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:

GARCIA-GABIN, WINSTON;
STRIDH, BENGT;
VARTIAINEN, ELINA;
SAARINEN, KARI;
MODÉN, PER ERIK y
DOMOVA, VERONIKA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 745 982 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

Inspección de un panel solar con un vehículo aéreo no tripulado

Campo técnico

5 La invención se refiere a la inspección de un panel solar de una planta de energía solar. En particular, la presente invención se refiere a un método, un vehículo aéreo no tripulado (UAV) un controlador, un UAV, un programa de ordenador y un producto de programa de ordenador para usar un UAV para inspeccionar un panel solar particular.

Antecedentes

10 Hay una demanda creciente de fuentes de energía respetuosas con el medio ambiente. Un área de gran desarrollo es la energía solar. La energía solar en una planta de energía solar puede ser cosechada sin necesidad de ningún tipo de combustible para su funcionamiento y proporciona una huella muy baja de dióxido de carbono. Además, cuando la planta de energía solar es instalada en una ubicación donde la cobertura de nubes es baja, la salida de energía solar puede ser fiable y predecible.

Sin embargo, los paneles solares, por ejemplo, de plantas solares fotovoltaicas, están sujetos a fallos debidos, por ejemplo, al clima o a fallos de los componentes.

15 En un artículo titulado "UAVs to Inspect Solar Farms", Tom Lombardo, 4 de Mayo de 2014 Engineering.com Electronics, disponible en <http://www.engineering.com/ElectronicsDesign/ElectronicsDesignArticles/ArticleID/7544/UAVs-to-Inspect-Solar-Farms.aspx> en el momento de presentar la presente solicitud, describe que se ha desarrollado un UAV que es usado para la supervisión y la inspección remotas de obras de construcción, operaciones mineras y granjas. Este UAV está
20 siendo usado ahora en el negocio de la inspección de paneles solares y se ensayará en granjas fotovoltaicas usando una cámara de obtención de imágenes térmicas por infrarrojos. Sin embargo, la captura de dichos datos de calidad suficiente requiere habilidad y experiencia por parte del operador que hace volar el UAV.

25 El documento US 2010/0215212 A1 divulga un sistema y un método que utilizan un vehículo aéreo no tripulado para inspeccionar estructuras. Un vehículo aéreo no tripulado capaz de moverse a una posición y de flotar sobre dicha posición es posicionado usando coordenadas GPS. El vehículo aéreo no tripulado es capaz de capturar imágenes de la estructura y transmitir las imágenes a un inspector y a una base de datos. Los datos que identifican la posición del vehículo aéreo no tripulado y la orientación de la cámara digital pueden ser almacenados en la base de datos, permitiendo que las inspecciones específicas de los elementos estructurales específicos sean repetidas con un alto grado de precisión y exactitud en un tiempo posterior.

Sumario

30 La invención se define por las reivindicaciones independientes 1, 9 y 18.

Un objetivo es proporcionar una manera de permitir la captura de imágenes automática para la inspección de un panel solar.

35 Según un primer aspecto, se presenta un método para la inspección de un panel solar de una planta de energía solar. El método es realizado en un controlador para un vehículo aéreo no tripulado, UAV, y comprende las etapas de: recibir una solicitud de inspección para un subconjunto de los paneles solares; hacer navegar, en una primera etapa, usando señales de radio, el UAV a una ubicación inicial en las proximidades de un panel solar particular del subconjunto de paneles solares; posicionar, en una segunda etapa, el UAV usando al menos un sensor de campo cercano del UAV; y capturar, usando la cámara de infrarrojos, una imagen del panel solar particular. Con el uso de la navegación de dos
40 etapas del UAV para inspeccionar un panel solar particular, el UAV no necesita ser controlado manualmente, lo cual es una ventaja significativa sobre la técnica anterior. Con el uso del control automático, el UAV podría ser controlado automáticamente a un sitio de un fallo detectado, reduciendo cualquier latencia implicada cuando un operador humano necesita reconocer el fallo, inicializar el UAV y hacer volar el UAV al sitio del error. Además, pueden programarse rondas de inspección periódicas sin necesidad de una supervisión constante por parte del operador.

45 La etapa de posicionamiento puede comprender posicionar el UAV de manera que una cámara de infrarrojos del UAV esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección que es perpendicular a una superficie principal del panel solar particular, mientras previene que el UAV haga sombra en el panel solar particular.

50 En la etapa de recepción, el subconjunto de paneles solares puede comprender múltiples paneles solares; en cuyo caso las etapas de navegación, posicionamiento y captura se repiten para cada panel solar del subconjunto de paneles solares.

En la etapa de la navegación, las señales de radio pueden ser señales de radio basadas en satélite.

En la etapa de la navegación, las señales de radio pueden ser señales de radio desde radiobalizas.

En la etapa de posicionamiento, el al menos un sensor de campo cercano puede comprender al menos uno de entre: una cámara, un dispositivo de radar y un escáner de ultrasonidos.

- 5 El método puede comprender además la etapa de: determinar la ubicación inicial en base a la solicitud de inspección, en el que la solicitud de inspección comprende un identificador del subconjunto de paneles solares.

El método puede comprender además la etapa de: transmitir la imagen a un centro de control.

El método puede comprender además la etapa de: identificar un fallo mediante el análisis de la imagen del panel solar particular.

- 10 Según un segundo aspecto, se presenta un controlador para un vehículo aéreo no tripulado, UAV, en el que el controlador está dispuesto para inspeccionar un panel solar de una planta de energía solar. El controlador comprende: un procesador, y una memoria que almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador: reciba una solicitud de inspección para un subconjunto de los paneles solares; haga navegar, en una primera etapa, usando señales de radio, el UAV a una ubicación inicial en las proximidades de un panel solar particular del subconjunto de paneles solares; posicione, en una segunda etapa, el UAV usando al menos un sensor de campo cercano del UAV; y capture, usando la cámara de infrarrojos, una imagen del panel solar particular.

- 20 Las instrucciones para el posicionamiento pueden comprender instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador posicione el UAV de manera que una cámara de infrarrojos del UAV esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección que es perpendicular a una superficie principal del panel solar particular, mientras previene que el UAV haga sombra en el panel solar particular.

El subconjunto de paneles solares puede comprender múltiples paneles solares; en cuyo caso las instrucciones comprenden, además, instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador repita las instrucciones de navegación, posicionamiento y captura para cada panel solar del subconjunto de paneles solares.

Las señales de radio pueden ser señales de radio basadas en satélite.

- 25 Las señales de radio pueden ser señales de radio basadas en tierra desde radiobalizas.

El al menos un sensor de campo cercano puede comprender al menos uno de entre: una cámara, un dispositivo de radar y un escáner de ultrasonidos.

- 30 El controlador puede comprender además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador: determine la ubicación inicial en base a la indicación, en el que la indicación comprende un identificador del subconjunto de paneles solares.

El controlador puede comprender además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador transmita la imagen a un centro de control.

El controlador puede comprender además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador identifique un fallo mediante el análisis de la imagen del panel solar particular.

- 35 Según un tercer aspecto, se presenta un vehículo aéreo no tripulado que comprende el controlador según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18.

- 40 Según un cuarto aspecto, se presenta un programa de ordenador para la inspección de un panel solar de una planta de energía solar. El programa de ordenador comprende código de programa de ordenador que, cuando es ejecutado en un controlador para un vehículo aéreo no tripulado, UAV, causa que el controlador: reciba una solicitud de inspección para un subconjunto de los paneles solares; haga navegar, en una primera etapa, usando señales de radio, el UAV a una ubicación inicial en las proximidades de un panel solar particular del subconjunto de paneles solares; posicione, en una segunda etapa, el UAV usando al menos un sensor de campo cercano del UAV; y capture, usando la cámara de infrarrojos, una imagen del panel solar particular.

- 45 Según un quinto aspecto, se presenta un producto de programa de ordenador que comprende un programa de ordenador según el cuarto aspecto y unos medios legibles por ordenador en los que se almacena el programa de ordenador.

En general, todos los términos usados en las reivindicaciones deben interpretarse según su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente lo contrario en la presente memoria. Todas las referencias a

"un/una/el/la elemento, aparato, componente, medio, etapa, etc." deben interpretarse abiertamente como que se refieren al menos a una instancia del elemento, aparato, componente, medio, etapa, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Las etapas de cualquier método divulgado en la presente memoria no tienen que realizarse en el orden exacto descrito, a menos que se indique explícitamente.

5 Breve descripción de los dibujos

La invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es un dibujo esquemático que ilustra un entorno en el que pueden aplicarse las realizaciones presentadas en la presente memoria;

10 La Fig. 2 es un diagrama esquemático de la planta de energía solar de la Fig. 1, que ilustra un subconjunto de los paneles solares que comprende un panel solar defectuoso;

La Fig. 3 es un diagrama esquemático del subconjunto de paneles solares de la Fig. 2 y una ubicación inicial a la que puede hacerse navegar el UAV;

La Fig. 4 es un diagrama esquemático del subconjunto de paneles solares de la Fig. 2 y ubicaciones iniciales a las que puede hacerse navegar el UAV cuando la identidad del panel solar defectuoso es desconocida;

15 Las Figs. 5A-B son diagramas esquemáticos que ilustran el posicionamiento del UAV de manera que esté perpendicular a un panel solar;

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra las realizaciones de los métodos realizados en el controlador para el UAV, para la inspección de un panel solar;

La Fig. 7 es un diagrama esquemático que muestra algunos componentes del UAV de la Fig. 1 según una realización;

20 Las Figs. 8A-B son diagramas esquemáticos que ilustran realizaciones del uso de señales de radio para la navegación en el UAV de la Fig. 1; y

La Fig. 9 muestra un ejemplo de un producto de programa de ordenador que comprende medios legibles por ordenador.

Descripción detallada

25 La invención se describirá ahora más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran ciertas realizaciones de la invención. Sin embargo, la presente invención puede llevarse a la práctica de muchas formas distintas y no debería ser interpretada como limitada a las realizaciones expuestas en la presente memoria; por el contrario, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo, de manera que la presente divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita por completo el alcance de la invención a las personas con conocimientos en la materia. Los números similares hacen referencia a elementos similares a lo largo de la descripción.

30 La Fig. 1 es un dibujo esquemático que ilustra un entorno en el que pueden aplicarse las realizaciones presentadas en la presente memoria. Una planta 2 de energía solar comprende n paneles 3a-n solares. Los paneles 3a-n solares pueden ser, por ejemplo, paneles solares fotovoltaicos (PV), que convierten la energía solar en energía eléctrica. Los paneles 3a-n solares están dispuestos en secciones 7a-f. El número de paneles 3a-n solares y el número de secciones 7a-f pueden variar. Por ejemplo, la planta de energía solar podría estar dispuesta incluso con una única sección que comprende todos los paneles solares. La energía desde los paneles solares es agregada en una estación 6 de conexión, que puede estar conectada, por ejemplo, a un enlace de CC (corriente continua) o a una red de CA (corriente alterna). La estación de conexión puede comprender, por ejemplo, uno o más convertidores CC/CA, uno o más transformadores, etc. disyuntores, etc.

35 Uno o más de los paneles 3a-n solares pueden fallar a veces en parte o completamente. Con el fin de inspeccionar los paneles 3a-n solares, se utiliza un vehículo 1 aéreo no tripulado (UAV). El UAV 1 se conoce también con otros términos, por ejemplo, dron. Según las realizaciones presentadas en la presente memoria, el UAV 1 realiza una navegación de dos etapas para inspeccionar un panel solar particular, de manera que no sea necesario que el UAV 1 sea controlado manualmente.

40 Un centro 8 de control permite la supervisión de la operación de la estación 2 de energía solar por un operador. El centro 8 de control puede ser usado para detectar problemas en la planta 2 de energía. Por ejemplo, el centro de control puede enviar comandos al UAV 1 y recibir retroalimentación desde los UAV 1.

La Fig. 2 es un diagrama esquemático de la planta de energía solar de la Fig. 1, que ilustra un subconjunto de los paneles solares que comprende un panel solar defectuoso. Aquí, hay un panel 3' solar particular que ha sido indicado como defectuoso (o potencialmente defectuoso) y debe ser inspeccionado. El panel 3' solar particular es parte de un subconjunto 5 de paneles solares. Hay una ubicación 22 inicial asociada con el subconjunto 5 de paneles solares. Cuando debe realizarse la inspección, el UAV 1 navega primero a la ubicación 22 inicial asociada con el subconjunto 5 de paneles solares, después de lo cual el UAV 1 puede autoposicionarse en una buena posición con el fin de inspeccionar el panel 3' solar particular, por ejemplo, usando una cámara de infrarrojos (IR).

La Fig. 3 es un diagrama esquemático del subconjunto de paneles solares de la Fig. 2 y una ubicación inicial a la que puede hacerse navegar el UAV. En este ejemplo, el subconjunto 5 de paneles solares comprende sólo el panel 3' solar, que es el único a ser inspeccionado. Se indican también un eje x y un eje y de un sistema de coordenadas.

La Fig. 4 es un diagrama esquemático del subconjunto de paneles 3a'-3f' solares de la Fig. 2 y ubicaciones 22a-f iniciales a las que puede hacerse navegar el UAV cuando la identidad del panel solar defectuoso es desconocida. Aquí, un subconjunto 5 de paneles solares comprende seis paneles 3a'-3f' solares. En este ejemplo, la totalidad de estos seis paneles 3a'-3f' solares deben ser inspeccionados. Por ejemplo, podría haberse recibido una indicación de fallo que indica que hay un fallo en una sección (de entre las secciones 7a-f de la Fig. 1), pero sin una indicación acerca de qué panel solar individual es la causa del fallo. Cada uno de estos paneles 3a'-3f' solares corresponde a una ubicación 22a-f inicial respectiva. Cuando se realiza la inspección, a continuación, el UAV navega a la primera ubicación 22a inicial, se autoposiciona usando sensores de campo cercano, y captura una imagen de IR del primer panel 3a' solar. A continuación, el UAV continúa a la siguiente ubicación 22b inicial para realizar las mismas acciones, etc. para todas las ubicaciones 22c-f iniciales. De esta manera, todos los paneles 3a'-3f' solares del subconjunto son inspeccionados usando el UAV para identificar de esta manera el panel solar o los paneles solares defectuosos.

Las Figs. 5A-B son diagramas esquemáticos que ilustran el posicionamiento del UAV de manera que esté perpendicular a un panel solar.

Se indican un eje y y un eje z, que son del mismo sistema de coordenadas que el de la Fig. 3. El panel 3' solar puede estar inclinado para maximizar el área de superficie orientada hacia el sol. El ángulo puede incluir también una componente x, incluso si esto no se muestra en la presente memoria. Opcionalmente, el ángulo del panel 3' solar puede cambiar con el tiempo para seguir el movimiento del sol a través del cielo.

En la Fig. 5A, el UAV 1 que comprende una cámara 11 de infrarrojos está posicionado cerca del panel 3' solar particular. Sin embargo, el UAV 1 está posicionado de manera que un ángulo 15 de visión de la cámara de IR no es óptimo para la inspección del panel solar. Una imagen de IR capturada en esta posición no sería óptima para permitir encontrar errores en el panel solar. Sin embargo, una sombra 16 del UAV cae fuera del panel 3' solar particular.

En la Fig. 5B, el UAV 1 se ha autoposicionado de manera que la cámara 11 de IR esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección 17 que es perpendicular a una superficie principal del panel 3' solar particular. Sin embargo, la posición es también una en la que se previene que el UAV 1 haga sombra en el panel 3' solar particular. En otras palabras, la sombra 16 del UAV cae fuera del panel 3' solar particular, de manera que la sombra no distorsione la imagen de IR capturada para detectar fallos. La superficie principal del panel solar es la superficie destinada a estar orientada hacia el sol. Al autoposicionarse de esta manera, el UAV 1 mejora la calidad de la imagen de IR y, de esta manera, aumenta las posibilidades de permitir la identificación de un error en el panel solar en la imagen de IR.

El posicionamiento es realizado usando sensores de campo cercano, tal como se describe más detalladamente a continuación.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra las realizaciones de los métodos realizados en el controlador para el UAV, para la inspección de un panel solar de una planta de energía solar, por ejemplo, de la Fig. 1. El método es realizado en un controlador para un UAV.

En una etapa 40 de recepción de solicitud de inspección, se recibe una solicitud de inspección para un subconjunto de los paneles solares. Esta puede ser recibida, por ejemplo, desde el centro de control cuando se ha recibido una indicación de un fallo. De manera alternativa, todos los paneles solares son inspeccionados cada cierto tiempo.

En una etapa 41 opcional de determinación de la ubicación inicial, la ubicación inicial es determinada en base a la indicación. Entonces, la indicación comprende un identificador del subconjunto de paneles solares. Por ejemplo, cada subconjunto de paneles solares (o cada panel solar) puede estar asociado con un conjunto de coordenadas que define una ubicación inicial asociada. Esta asociación puede ser almacenada en una memoria de datos (véase, por ejemplo, la memoria 66 de datos de la Fig. 7).

En una etapa 42 de navegación a la ubicación inicial, el UAV se hace navegar, en una primera etapa, usando señales

de radio, a una ubicación inicial en las proximidades de un panel solar particular del subconjunto de paneles solares. Las señales de radio pueden ser señales de radio basadas en satélite desde satélites o señales de radio basadas en tierra desde radiobalizas, tal como se explica más detalladamente a continuación. Esta navegación es un primer posicionamiento aproximado del UAV para permitir la obtención de imágenes del panel solar particular.

5 En una etapa 44 de posicionamiento del UAV, el UAV es posicionado, en una segunda etapa, usando al menos un sensor de campo cercano del UAV. Este posicionamiento puede incluir posicionar el UAV de manera que una cámara de infrarrojos del UAV esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección que es perpendicular a una superficie principal del panel solar particular, mientras previene que el UAV haga sombra en el panel solar particular. De manera alternativa o adicional, el posicionamiento es realizado de manera que otros objetos o edificios no distorsionen una imagen de IR. Dicha distorsión es debida a la naturaleza especular de los paneles solares fotovoltaicos, de manera que los objetos circundantes pueden reflejarse (imagen especular) en el panel solar. El posicionamiento en esta etapa es un posicionamiento más preciso del UAV en comparación con la etapa anterior. El margen de error podría ser cualquier desviación adecuada con relación a la posición ideal. Por ejemplo, el margen de error podría ser de 5 grados para proporcionar una imagen relativamente precisa del panel solar. De manera alternativa, el margen de error podría ser de 15 grados para permitir un posicionamiento más fácil del UAV. En una realización, el margen de error depende de una calidad de imagen deseada, que en algunos casos depende de lo cerca que esté situada la cámara IR a la perpendicular. El al menos un sensor de campo cercano puede comprender al menos uno de entre: una cámara, un dispositivo de radar y un escáner de ultrasonidos. Cuando la cámara es usada como un sensor de campo cercano, el posicionamiento puede ser realizado en un bucle con realimentación para controlar el panel solar en una imagen capturada de manera que sea un rectángulo, es decir, con un ángulo de 90 grados de las esquinas de la imagen del panel solar.

En una realización, la primera etapa (etapa 42) incluye sólo una navegación aproximada usando las señales de radio, y la segunda etapa (etapa 44) incluye un posicionamiento preciso usando sólo los sensores de campo cercano.

25 En una realización, esta etapa comprende el posicionamiento, usando el al menos un sensor de campo cercano, de manera que una cámara de infrarrojos del UAV esté situada en una dirección que es perpendicular, dentro de un margen de error, desde un punto central de la superficie principal del panel solar particular.

Opcionalmente, múltiples sensores de campo cercano son usados en combinación para mejorar la precisión en el posicionamiento, debido a que dicha fusión de sensores puede corregir las deficiencias de los sensores individuales para calcular una posición precisa.

30 En una etapa 46 de captura de imagen, una imagen del panel solar particular es capturada usando la cámara de infrarrojos. La obtención de imágenes de infrarrojos permite la identificación de muchos fallos en paneles solares, debido a que los fallos causan frecuentemente variaciones de temperatura en el panel solar.

35 En una etapa 47 opcional de identificación de fallo, un fallo es identificado mediante el análisis de la imagen del panel solar particular. Este análisis puede comprender el análisis de la imagen para detectar variaciones de temperatura anormales en el panel solar particular. Por ejemplo, las diferencias de temperatura pueden ser caracterizadas y comparadas con los valores umbral. En caso de fallo, el proceso continúa con la clasificación del fallo. Las zonas defectuosas son aisladas y caracterizadas por factores tales como el perfil de temperatura, el tamaño, la forma y el número de celdas defectuosas. En base a las características, puede determinarse a qué grupo de tipo de fallo pertenece el fallo detectado. Esta determinación puede dividir el espacio de características en regiones mutuamente excluyentes definidas durante una fase de entrenamiento. El número de las regiones es igual al número de los tipos de fallo. La regla de asignación, tal como la regla de Bayes, decide a qué grupo de fallo pertenece el área defectuosa aislada con el conjunto particular de características medidas.

40 En una etapa 48 opcional de transmisión, la imagen es transmitida a un centro de control. Cuando se realiza la etapa 47 de identificación de fallo, esta etapa puede comprender también transmitir una indicación del fallo identificado. La transmisión al centro de control puede ocurrir de manera inalámbrica durante el vuelo o cuando el UAV ha aterrizado, o usando una comunicación basada en cable cuando el UAV ha aterrizado, por ejemplo, en una estación de acoplamiento.

50 Tal como se ha explicado anteriormente con referencia a la Fig. 4, el subconjunto de paneles solares puede ser un único panel de collar o puede comprender múltiples paneles solares. En una etapa 49 condicional opcional "¿Hay más paneles solares para inspeccionar?", se determina si hay más paneles solares para inspeccionar en el subconjunto de paneles solares. Si es así, el procedimiento vuelve a la etapa 41 de determinación de la ubicación inicial, o si esta etapa no se ejecuta, a la etapa 42 de navegación a la ubicación inicial. Al volver, las etapas reiteradas son realizadas para un nuevo panel solar que es el panel solar particular. Si no hay más paneles solares para inspeccionar, el procedimiento termina.

55 Mediante la primera navegación a la ubicación inicial seguida por el posicionamiento más preciso perpendicular al

panel solar particular para permitir una captura de imagen precisa, el proceso de captura de imágenes de los paneles solares puede ser automatizado mientras se mantiene la calidad de imagen en un nivel alto para la detección de fallos. Esto elimina la necesidad de un control manual inexacto y que demanda un trabajo intensivo del UAV para la inspección de paneles solares.

5 La Fig. 7 es un diagrama esquemático que muestra algunos componentes del UAV de la Fig. 1 según una realización. El UAV comprende uno o más motores 25, cada uno conectado a una o más hélices 26, que permiten que el UAV vuele.

10 Una cámara 11 de IR es usada para capturar imágenes de infrarrojos de los paneles solares para permitir la identificación de fallos. Opcionalmente, la cámara 11 de IR es usada también como una entrada para permitir el posicionamiento del UAV (y de la propia cámara 11 de IR, en particular) de manera esencialmente perpendicular a la superficie principal del panel solar a inspeccionar. De manera alternativa o adicional, un radar 12 y un sensor 13 de ultrasonidos pueden ser usados para posicionar el UAV (y la cámara 11 de IR) de manera esencialmente perpendicular a la superficie principal del panel solar a inspeccionar.

15 Un sensor 17 de ubicación detecta la posición del UAV usando señales de radio. Tal como se explica más adelante, el sensor de ubicación puede usar señales de radio procedentes de satélite y/o señales de radio basadas en tierra desde radiobalizas.

20 El UAV 1 es controlado por un controlador 10. El controlador 10 se muestra en la presente memoria como parte del UAV 1, pero, en principio, podría estar situado externamente al UAV 1. Se proporciona un procesador 60 del controlador 10 que usa cualquier combinación de una o más de entre una unidad de procesamiento central (CPU), un multiprocesador, un microcontrolador, un procesador de señal digital (DSP), un circuito integrado específico de aplicación, etc., adecuados, capaz de ejecutar instrucciones 67 de software almacenadas en una memoria 65 del controlador 10, cuya memoria 65 puede ser, de esta manera, un producto de programa de ordenador. El procesador 60 puede estar configurado para ejecutar el método descrito con referencia a la Fig. 6 anterior.

25 La memoria 65 puede ser cualquier combinación de memoria de lectura y escritura (RAM) y memoria de sólo lectura (ROM). La memoria 65 comprende también un almacenamiento persistente que, por ejemplo, puede ser una sola o una combinación de entre una memoria magnética, una memoria óptica, una memoria de estado sólido o incluso una memoria montada de manera remota.

30 Se proporciona también una memoria 66 de datos para la lectura y/o el almacenamiento de datos durante la ejecución de las instrucciones de software en el procesador 60. Por ejemplo, la memoria 66 de datos puede almacenar las coordenadas de la ubicación inicial y/o los datos de la imagen. La memoria 66 de datos puede ser cualquier combinación de memoria de lectura y escritura (RAM) y memoria de sólo lectura (ROM).

35 El controlador 10 comprende además una interfaz 62 de E/S para la comunicación con otras entidades externas. Opcionalmente, la interfaz 62 de E/S incluye también una interfaz de usuario. La interfaz 62 de E/S puede comprender uno o más transceptores, que comprenden componentes analógicos y digitales, y un número adecuado de antenas para la comunicación inalámbrica de un canal de comunicación con el centro 8 de control. De manera alternativa o adicional, la interfaz 62 de E/S comprende puertos para la una comunicación basada en cable con el centro de control 8, por ejemplo, usando un bus de serie universal (USB), FireWire, Ethernet, etc.

Otros componentes del UAV 1 se omiten aquí con el fin de no oscurecer los conceptos presentados en la presente memoria.

40 Las Figs. 8A-B son diagramas esquemáticos que ilustran realizaciones del uso de señales de radio para la navegación en el UAV de la Fig. 1. En la Fig. 8A, se muestran cuatro satélites 4a-d que transmiten señales 20a de radio basadas en satélite para un sistema global de navegación por satélite (GNSS), tal como el sistema de posicionamiento global (GPS). Esto permite que el UAV 1 navegue, por ejemplo, a una o más ubicaciones iniciales, tal como se ha descrito anteriormente, sin la necesidad de nuevas instalaciones para esta navegación. Aunque aquí se muestran cuatro satélites, pueden utilizarse más o menos satélites.

45 En la Fig. 8B, se muestran tres radiobalizas 9a-c basadas en tierra que transmiten señales 20b de radio basadas en tierra para un posicionamiento basado en tierra. Aunque esta realización depende de la instalación de radiobalizas 9a-c basadas en tierra, quizás incluso en la planta de energía solar, dicho sistema puede proporcionar una mayor precisión para el posicionamiento del UAV 1 en comparación con el posicionamiento basado en satélite. Esto permite que el UAV 1 navegue, por ejemplo, a una o más ubicaciones iniciales, tal como se ha descrito anteriormente. Aunque aquí se muestran tres radiobalizas basadas en tierra, pueden utilizarse más balizas. El posicionamiento en esta realización puede utilizar, por ejemplo, mediciones de diferencia-de tiempo-de-llegada de pulsos de banda ultraancha (UWB).

La Fig. 9 muestra un ejemplo de un producto de programa de ordenador que comprende medios legibles por

- ordenador. En estos medios legibles por ordenador, puede almacenarse un programa 91 de ordenador, cuyo programa de ordenador puede causar que un procesador ejecute un método según las realizaciones descritas en la presente memoria. En este ejemplo, el producto de programa de ordenador es un disco óptico, tal como un CD (disco compacto) o un DVD (disco versátil digital) o un disco Blu-Ray. Tal como se ha explicado anteriormente, el producto de programa de ordenador podría estar materializado también en una memoria de un dispositivo, tal como el producto 65 de programa de ordenador de la Fig. 7. Aunque el programa 91 de ordenador se muestra aquí esquemáticamente como una pista en el disco óptico representado, el programa de ordenador puede ser almacenado de cualquier manera que sea adecuada para el producto de programa de ordenador, tal como una memoria de estado sólido extraíble, por ejemplo, un bus serie universal (USB).
- 5
- 10 La invención se ha descrito principalmente con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, tal como apreciará fácilmente una persona con conocimientos en la técnica, otras realizaciones distintas a las divulgadas anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance de la invención, tal como se define por las reivindicaciones de patente adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para la inspección de un panel (3a-n) solar de una planta (2) de energía solar, en el que el método es realizado en un controlador (10) para un vehículo (1) aéreo no tripulado, UAV, y comprende las etapas de:

recibir (40) una solicitud de inspección para un subconjunto (5) de los paneles solares;

5 hacer navegar (42), en una primera etapa, con señales (20a, 20b) de radio, el UAV a una ubicación (22) inicial en las proximidades de un panel (3') solar particular del subconjunto (5) de paneles solares;

10 posicionar (44), en una segunda etapa, el UAV (1) usando al menos un sensor (11, 12, 13) de campo cercano del UAV, de manera que una cámara (11) de infrarrojos del UAV esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección que es perpendicular a una superficie principal del panel (3') solar particular mientras se previene que el UAV haga sombra en el panel (3') solar particular; y

capturar (46), usando la cámara (11) de infrarrojos, una imagen (30) del panel solar particular.

2. Método según la reivindicación 1, en el que en la etapa de recepción (40), el subconjunto (5) de paneles solares comprende múltiples paneles solares; y en el que las etapas de navegación (42), posicionamiento (44) y captura (46) se repiten para cada panel solar del subconjunto de paneles solares.

15 3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la etapa de navegación (42), las señales de radio son señales (20a) de radio basadas en satélite.

4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la etapa de navegación (42), las señales de radio son señales (20b) de radio basadas en tierra desde radiobalizas.

20 5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la etapa de posicionamiento (44), el al menos un sensor de campo cercano comprende al menos uno de entre: una cámara (11), un dispositivo (12) de radar y un escáner (13) de ultrasonidos.

6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de:

determinar (41) la ubicación inicial en base a la solicitud de inspección, en el que la solicitud de inspección comprende un identificador del subconjunto (5) de paneles solares.

25 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de:

transmitir (48) la imagen (30) a un centro (8) de control.

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de:

identificar (47) un fallo mediante el análisis de la imagen (30) del panel (3') solar particular.

30 9. Controlador (10) para un vehículo (1) aéreo no tripulado, UAV, en el que el controlador está dispuesto para inspeccionar un panel (3a-n) solar de una planta de energía solar, en el que el controlador (10) comprende:

un procesador (60); y

una memoria (64) que almacena instrucciones (66) que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador (10):

reciba una solicitud de inspección para un subconjunto (5) de los paneles solares;

35 haga navegar, en una primera etapa, usando señales (20a, 20b) de radio, el UAV a una ubicación (22) inicial en las proximidades de un panel (3') solar particular del subconjunto (5) de paneles solares;

40 posicione, en una segunda etapa, el UAV (1) usando al menos un sensor (11, 12, 13) de campo cercano del UAV, de manera que una cámara (11) de infrarrojos del UAV esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección que es perpendicular a una superficie principal del panel (3') solar particular mientras se previene que el UAV haga sombra en el panel (3') solar particular; y

capture, usando la cámara (11) de infrarrojos, una imagen (30) del panel solar particular.

10. Controlador (10) según la reivindicación 9, en el que el subconjunto (5) de paneles solares comprende múltiples paneles solares; y en el que las instrucciones comprenden además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador (10) repita las instrucciones para la navegación, el posicionamiento y la

captura para cada panel solar del subconjunto de paneles solares.

11. Controlador (10) según la reivindicación 9 o 10, en el que las señales de radio son señales (20a) de radio basadas en satélite.
- 5 12. Controlador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que las señales de radio son señales (20b) de radio basadas en tierra desde radiobalizas.
13. Controlador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el al menos un sensor de campo cercano comprende al menos uno de entre: una cámara (11), un dispositivo (12) de radar y un escáner (13) de ultrasonidos.
- 10 14. Controlador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador (10): determine la ubicación inicial en base a la indicación, en el que la indicación comprende un identificador del subconjunto (5) de paneles solares.
- 15 15. Controlador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador (10) transmita la imagen (30) a un centro (8) de control.
16. Controlador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, que comprende además instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, causan que el controlador (10) identifique un fallo mediante el análisis de la imagen (30) del panel (3') solar particular.
17. Vehículo (1) aéreo no tripulado que comprende el controlador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16.
- 20 18. Programa (90) de ordenador para la inspección de un panel (3a-n) solar de una planta (2) de energía solar, en el que el programa de ordenador comprende código de programa de ordenador que, cuando es ejecutado en un controlador (10) para un vehículo (1) aéreo no tripulado, UAV, causa que el controlador (10):
reciba una solicitud de inspección para un subconjunto (5) de los paneles solares;
haga navegar, en una primera etapa, usando señales (20a, 20b) de radio, el UAV a una ubicación (22) inicial en las proximidades de un panel (3') solar particular del subconjunto (5) de paneles solares;
25 posicione, en una segunda etapa, el UAV (1) usando al menos un sensor (11, 12, 13) de campo cercano del UAV, de manera que una cámara (11) de infrarrojos del UAV esté tan cerca como sea posible, dentro de un margen de error, a una dirección que es perpendicular a una superficie principal del panel (3') solar particular mientras se previene que el UAV haga sombra en el panel (3') solar particular; y
30 capture, usando la cámara (11) de infrarrojos, una imagen (30) del panel solar particular.
19. Producto (91) de programa de ordenador que comprende un programa de ordenador según la reivindicación 18 y medios legibles por ordenador en los que se almacena el programa de ordenador.

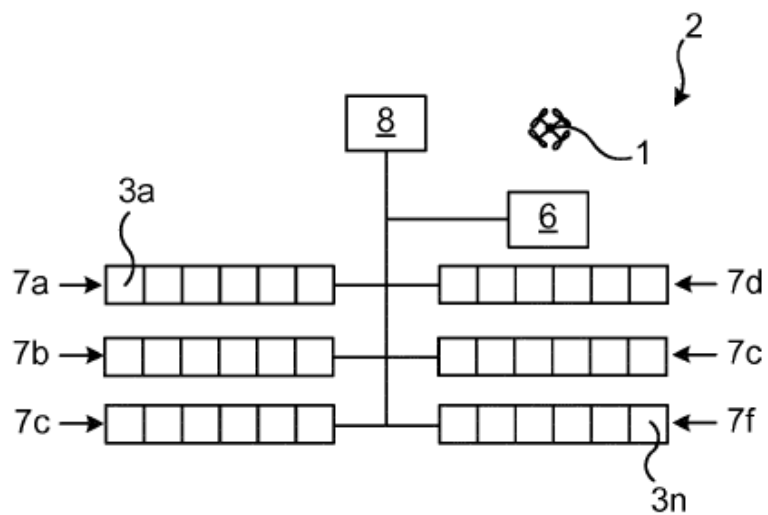


Fig. 1

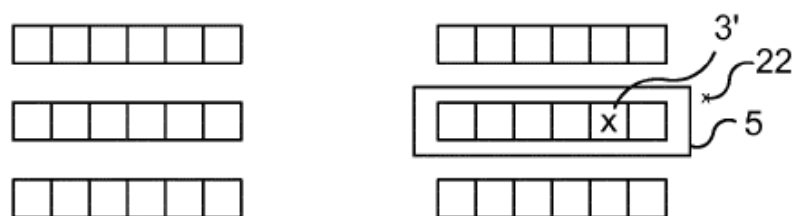


Fig. 2

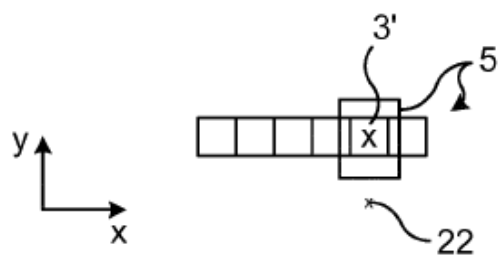


Fig. 3

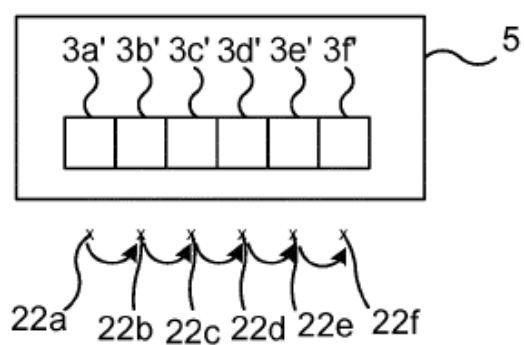


Fig. 4

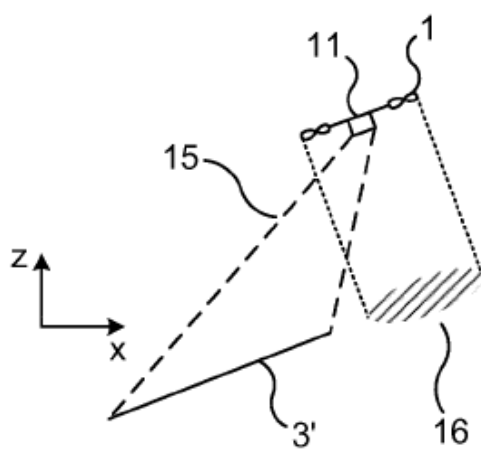


Fig. 5A

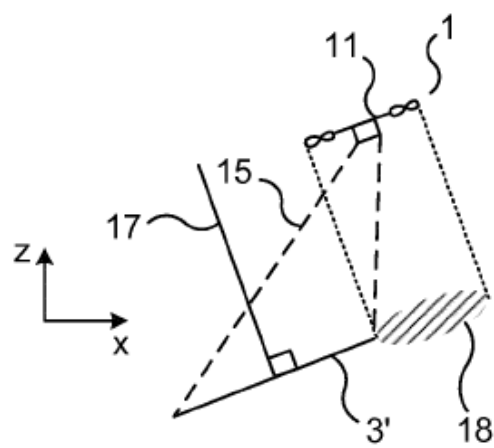


Fig. 5B

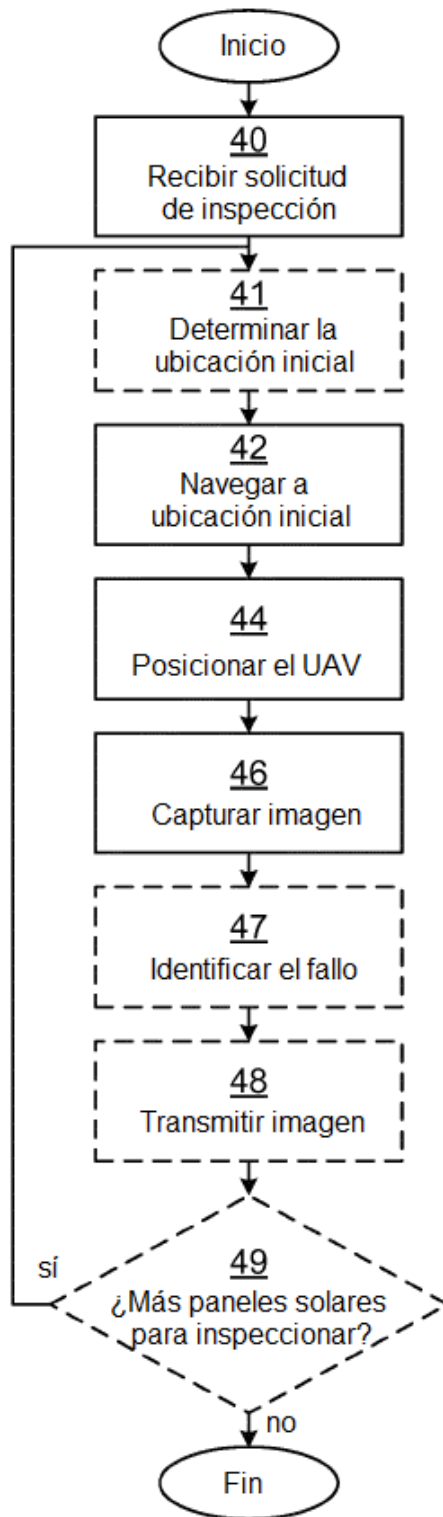


Fig. 6

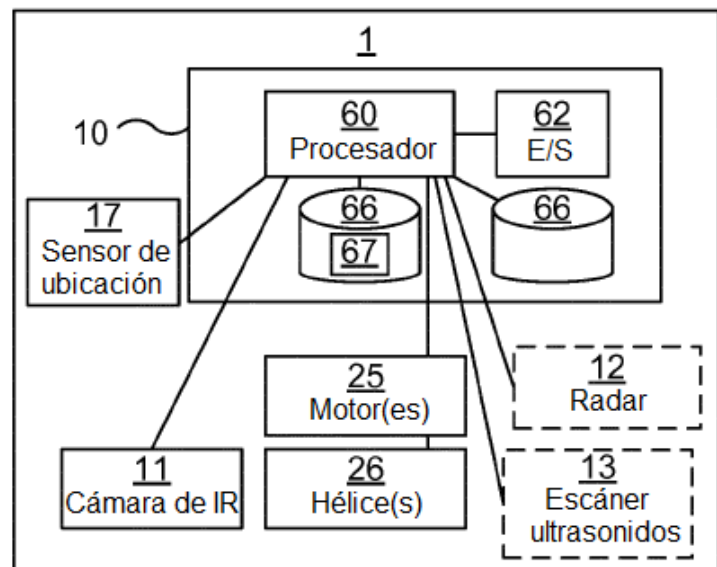


Fig. 7

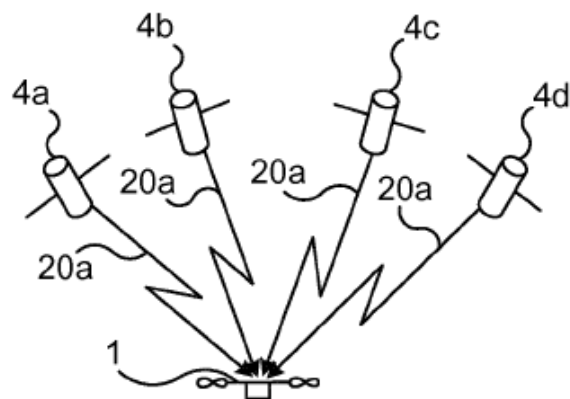


Fig. 8A

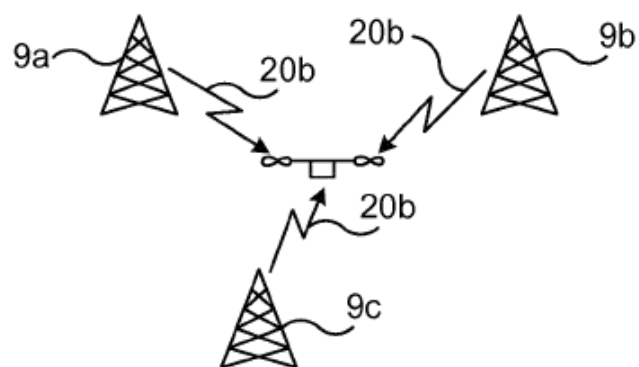


Fig. 8B

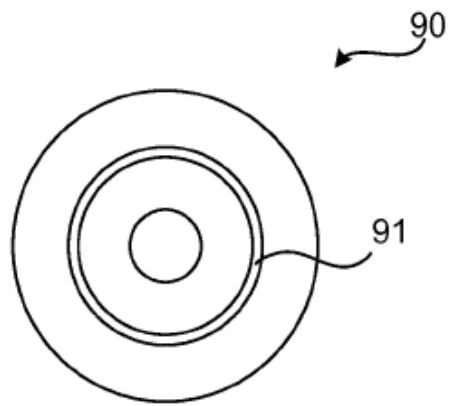


Fig. 9