

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 170**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/89** (2006.01)

**G01S 13/90** (2006.01)

**B64G 1/10** (2006.01)

**B64G 1/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2009 E 09007125 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2131210**

54 Título: **Procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar**

30 Prioridad:

**03.06.2008 DE 102008026497**

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

**24.07.2013**

73 Titular/es:

**ASTRIUM GMBH (100.0%)  
ROBERT-KOCH-STR. 1  
82024 TAUFKIRCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**VÖLKER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 415 170 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

Procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar.

5 La invención concierne a un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar según la reivindicación 1.

10 Los sensores activos de visión lateral o los instrumentos activos de visión lateral trabajan según el principio de la medición del tiempo de propagación por medio de RADAR (Radiowave Detection And Ranging – detección y medición de distancias por radioondas) o LIDAR (Lightwave Range And Detection – medición de distancias y detección por ondas luminosas) y se utilizan, por ejemplo, para la medición y la formación de imágenes de la superficie terrestre por medio de satélites. Un ejemplo de un sensor activo de visión lateral es el sistema de radar de apertura sintética (SAR), que se denomina también radar de visión lateral. Los sistemas SAR se hacen funcionar de modo que, alternativamente, se radian señales de impulsos a una distancia temporal definida, en dirección a la superficie a captar, por medio de una corta antena movida, y se reciben las señales de eco, es decir, las señales de impulsos reflejadas en objetos explorados. Para cada zona iluminada y explorada por la antena se calcula por un procesador SAR, mediante un procesamiento de datos correspondiente de las señales de eco, una imagen del objeto explorado.

15 Los detectores de visión lateral, como, por ejemplo, los sistemas SAR, iluminan transversalmente a la dirección de vuelo una zona o franja (swath) de una superficie a captar o a medir (o de un volumen atmosférico) y reciben señales de eco provenientes de dicha zona o franja. En toda la trayectoria de circunvalación de un sensor permanece usualmente igual – por ejemplo, en el sentido de una orientación con relación a la dirección de vuelo y la dirección nadir – la dirección de visualización del sensor, es decir las señales de impulsos (haces de exploración) emitidas. Aun cuando se definan diferentes franjas (zonas de ángulo de visualización), que pueden elegirse libremente, por ejemplo, con ayuda de una antena RADAR controlada en fase), permanece entonces de por sí igual la orientación de cada franja en toda la circunvalación (órbita) del sensor alrededor del cuerpo celeste a medir. No obstante, varía la distancia entre un sensor de visión lateral y la superficie a captar en trayectorias elípticas y en torno a cuerpos celestes no esféricamente simétricos, tal como puede apreciarse en la figura 1.

20 Por tanto, el comportamiento temporal durante una toma o exploración depende considerablemente de la altura sobre la superficie de medida y de la zona a captar. Si se hace funcionar, por ejemplo, un sensor activo de visión lateral de modo que, alternativamente, se radian señales de impulsos y se puedan recibir las señales de eco solamente durante las pausas de emisión, se tiene que adaptar entonces continuamente la frecuencia de repetición de impulsos (PRF: Pulse Repetition Frequency), es decir, la frecuencia de radiación de señales de impulsos durante una órbita. No obstante, esto aumenta considerablemente la complejidad del control de la exploración. En una zona de acceso a captar con, por ejemplo, un ángulo de incidencia de 20° a 55° el haz de exploración emitido por un sensor de visión lateral hacia la superficie a medir es colocado en una pluralidad de franjas solapadas individualmente seleccionables, cuya posición en el sentido del ángulo de incidencia o del ángulo de visualización se mantiene semejante en toda la órbita. Los valores posibles para la PRF en base al tiempo de propagación de las señales varían a lo largo de la órbita. Frecuentemente, no es posible una PRF fija para cada franja (swath).

25 La publicación “The Lincoln Laboratory 35 GHz airborne SAR imaging radar system”, Henry J C ED – Institute of Electrical and Electronics Engineers Proceedings of the National Telesystems Conference. Atlanta, 26 de marzo 19910326; 19910326 – 19910327 Nueva York, IEEE, US, Vol. -, 26 de marzo de 1991 (26-03-1991), páginas 353-358, XP010047053 ISBN: 978-0-7803-0062-0, describe un sistema SAR asistido por avión. En el capítulo 2.4 (y en los subcapítulos) de esta publicación se describe el sistema para la localización de aviones. Con varios instrumentos se miden la posición y la velocidad del avión y se emplea la información de velocidad para la compensación del movimiento de la antena. Se utiliza una obtención de altura con un altímetro barométrico para eliminar errores de posición verticales en un filtro sensor de movimiento.

30 El documento WO2004/104630A1 revela un sistema SAR en el que se utilizan varios haces de radar para formar la imagen de una superficie a captar y se puede utilizar un dispositivo de procesamiento de datos de dirección de balanceo, cabeceo y guiñada en combinación con el radar. Los datos de dirección se determinan por derivación de la información de la posición de vuelo y por ingreso selectivo de datos de elevación del terreno para poder tener así en cuenta las variaciones en la geometría de visión del radar con una elevación del terreno. Por tanto, el cometido de la presente invención consiste en proponer un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar.

35 El problema se resuelve por medio de un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar con las características de la reivindicación 1. Otras ejecuciones de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

Una idea esencial de la invención consiste ahora en que se ajustan, en función de la altura obtenida de un sensor de visión lateral, los haces de exploración radiados por el sensor de visión lateral para explorar una superficie a captar

- mediante una rotación de balanceo de tal manera que se reduzca la variación de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral. Por tanto, en otras palabras, la presente invención propone la aplicación de una ley de balanceo para orientar una antena de un sensor de visión lateral a fin de fijar una franja a iluminar de una superficie a captar. De este modo, a diferencia de una orientación rígida de la antena, el sensor de visión lateral puede ser hecho funcionar en órbita con PRF constante a lo largo de tramos más largos, es decir que se puede optimizar el funcionamiento especialmente respecto de la complejidad del control de la exploración de la superficie a captar. Asimismo, puede ser suficiente un haz de antena por franja a explorar de la superficie a captar en toda la órbita del sensor de visión lateral.
- La invención concierne ahora según una forma de realización a un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar con los pasos siguientes:
- obtención continua de la altura del sensor de visión lateral sobre la superficie a captar y
  - ajuste de los haces de exploración radiados por el sensor de visión lateral para explorar la superficie a captar mediante rotación de balanceo (roll steering law) en función de la altura obtenida del sensor de visión lateral de tal manera que se reduzca una variación de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral. Esto hace posible una simplificación del control de la exploración de la superficie a captar, ya que, según esta forma de realización de la invención, se puede producir como optimización un funcionamiento con PRF constante a lo largo de tramos más largos de la órbita del sensor de visión lateral.
- El ajuste por rotación de balanceo puede comprender según una forma de realización de la invención un giro mecánico del sensor de visión lateral.
- Como alternativa o bien adicionalmente, en una forma de realización de la invención el ajuste por rotación de balanceo puede comprender una rotación de balanceo electrónica de los haces de exploración radiados mediante una activación correspondiente de una antena del sensor de visión lateral.
- Según una forma de realización de la invención, el ajuste por rotación de balanceo puede comprender una basculación de la dirección captada por el sensor de visión lateral en función de la superficie a captar.
- Según otra forma de realización de la invención, el ajuste por rotación de balanceo puede comprender el mantenimiento de una distancia fija entre el sensor de visión lateral y la superficie captada.
- Asimismo, según una forma de realización de la invención, el ajuste por rotación de balanceo puede comprender el mantenimiento de una anchura fija de una franja iluminada por el sensor de visión lateral en la superficie a captar.
- Además, según una forma de realización de la invención, el ajuste por rotación de balanceo puede comprender una variación – común para todas las franjas iluminadas por el sensor de visión lateral en la zona de acceso – de un ángulo de visualización a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral.
- Asimismo, según una forma de realización de la invención, la orientación del sensor de visión lateral correspondiente a su posición orbital puede adaptarse por guiñada y cabeceo de tal manera que se garantice una geometría de toma de Doppler nulo en toda la zona de acceso del sensor de visión lateral.
- La invención concierne en una forma de realización adicional a un dispositivo para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar, en donde el dispositivo está concebido para ejecutar un procedimiento según la invención y tal como se ha explicado anteriormente y presenta lo siguiente:
- unos primeros medios para obtener continuamente la altura del sensor de visión lateral sobre la superficie a detectar y
  - unos segundos medios para ajustar los haces de exploración radiados por el sensor de visión lateral para explorar la superficie a captar por rotación de balanceo de tal manera que se reduzca una variación de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral. El dispositivo puede estar concebido, por ejemplo, como un módulo integrable en un satélite.
- Por último, la invención concierne, según una forma de realización, a un sensor de visión lateral, por ejemplo un sistema SAR, que se caracteriza por que presenta un dispositivo según la invención y tal como se ha explicado anteriormente.
- Otras ventajas y posibilidades de aplicación de la presente invención se desprenden de la descripción siguiente en combinación con los ejemplos de realización representados en los dibujos.
- En la descripción, en las reivindicaciones, en el resumen y en los dibujos se emplean los términos y símbolos de referencia asociados que se utilizan en la lista de símbolos de referencia añadida al final de esta memoria.

Los dibujos muestran en:

La figura 1, un sensor de visión lateral que explora la superficie de un cuerpo celeste y la superficie captada por el sensor a dos alturas diferentes;

5 Las figuras 2A y 2B, diferentes orientaciones de balanceo de un sensor de visión lateral para dos alturas diferentes en posiciones diferentes a lo largo de la órbita del sensor sobre la superficie a captar;

Las figuras 3A y 3B, una superposición de las situaciones de medición representadas en las figuras 2A y 2B con una referencia vertical diferente;

La figura 4, un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral a altura variable sobre la superficie a captar; y

10 La figura 5, un esquema de bloques fuertemente simplificado de un sensor activo de visión lateral con un dispositivo para optimizar el funcionamiento del sensor activo de visión lateral a altura diferente sobre la superficie a captar según la invención.

En lo que sigue los elementos iguales y/o funcionalmente iguales pueden estar provistos de los mismos símbolos de referencia.

15 La figura 1 muestra un sistema SAR o un satélite SAR 10 como ejemplo de un sensor de visión lateral que está previsto como instrumento de medida para explorar la superficie de un cuerpo celeste 12. La superficie del cuerpo celeste 12 captada por el sensor 10 está representada a dos alturas diferentes, concretamente a una altura baja y a una altura alta del sensor sobre la superficie. La dirección de visualización del sensor 10, es decir, la dirección de los haces de exploración o los haces de antena radiados por la antena del satélite SAR, es aquí independiente de la altura. La dirección de visualización puede indicarse por medio del ángulo de visualización  $\alpha$ , es decir, el ángulo entre la dirección principal de los haces de la antena y el nadir.

20 Por el contrario, el sector 14 sobre la superficie del cuerpo celeste 12, iluminado por los haces de exploración o los haces de antena y a captar por el sensor 10 (intervalo de supresión de oblicuidad de una franja (swath) a captar, depende de la altura. Por tanto, la franja 14 iluminada por el sensor 10 sobre la superficie del cuerpo celeste 12 varía con la distancia del sensor 10 a la superficie, la cual a su vez depende de la órbita del sensor 10. En trayectorias elípticas y en torno a cuerpos celestes no esféricamente simétricos puede ser considerable la variación; por ejemplo, debido al achatamiento terrestre, esta variación puede ser de aproximadamente 28 km en trayectorias de circunvalación de la tierra polares y síncronas con el sol. Estas variaciones de distancia originan normalmente una variación de la PRF y, por tanto, un control complicado de la exploración.

30 La orientación de un satélite SAR 10 puede adaptarse según una yaw and pitch steering law (ley de control de guiñada y cabeceo) de conformidad con su posición orbital para que pueda garantizarse una "geometría de toma de Doppler nulo" en toda la zona de acceso. Esto es ventajoso para el procesamiento SAR, es decir, el procesamiento de las señales de eco recibidas por el satélite SAR 10.

35 Para reducir a lo largo de la órbita la variación del intervalo de supresión de oblicuidad de una franja 14 a captar por el satélite SAR 10, se puede realizar ahora según la invención, en función de la altura del satélite SAR sobre la superficie, una rotación de balanceo mecánica (o electrónica) (ley de balanceo – roll steering law) de los haces de antena empleados. Esta rotación de cabeceo permite adicionalmente, en caso necesario, un movimiento alrededor de los demás ejes para conseguir la "geometría de toma de Doppler nulo", tal como se ha descrito anteriormente.

40 La figura 2 muestra diferentes orientaciones de balanceo de los haces de antena para dos alturas diferentes (en posiciones diferentes a lo largo de la órbita) del satélite SAR 10 sobre la superficie de medida del cuerpo celeste 12. En la figura 2A se representa una orientación de balanceo a una altura "baja"  $h_{baja}$  del instrumento de medida o del satélite SAR sobre la superficie captada, mientras que en la figura 2B se representa una orientación de balanceo a una altura "alta"  $h_{alta}$ . El intervalo de supresión de oblicuidad de una franja captado en las dos orientaciones de balanceo diferentes se ha designado con 141 y 142, respectivamente.

45 A diferencia de la situación representada en la figura 1, en la que no se ha realizado ninguna orientación de balanceo de los haces de la antena, se diferencian ahora los ángulos de visualización  $\alpha(h_{baja})$  y  $\alpha(h_{alta})$  del satélite SAR 10 y éstos dependen de la altura del satélite SAR sobre la superficie captada debido a las orientaciones de balanceo diferentes en ambas situaciones de los haces de la antena. La rotación de balanceo de los haces de la antena puede producirse mediante un giro mecánico de todo el satélite (roll steering law) y/o mediante una basculación adicional, dependiente de la franja, de la dirección captada por el instrumento. La posición nominal de las franjas iluminadas se desplaza de manera correspondiente a la zona iluminada por el instrumento de medida (apertura o antena).

50 La dependencia de los ángulos de visualización  $\alpha$  del satélite SAR 10 respecto de la altura sobre la superficie de

5 medida es regulada por un control implementado en el satélite SAR 10 de tal manera que varíe lo menos posible una variación de los intervalos de supresión de oblicuidad de una franja 141 y 142 captados con los dos ángulos de visualización diferentes, con lo que casi se puede mantener constante la PRF a lo largo de tramos más largos de la trayectoria del satélite SAR 10. La figura 3 muestra la superposición de las dos representaciones de la figura 2 con una referencia vertical diferente: En la figura 3A es fija la superficie de medida y en la figura 3B es fija la posición del instrumento de medida.

La variación del ángulo de visualización del satélite SAR 10 a lo largo de la órbita puede optimizarse de conformidad con los criterios siguientes dados a título de ejemplo:

10 1. El mantenimiento de una distancia fija entre el instrumento de medida y la superficie captada requeriría la variación más grande del ángulo de visualización. Variaciones más pequeñas del ángulo de visualización aminoran al menos las variaciones de distancia.

2. El mantenimiento de una anchura fija de la franja iluminada es posible con variaciones más pequeñas del ángulo de visualización.

15 3. Mediante una ley de balanceo se puede realizar mecánicamente una variación del ángulo de visualización, común para todas las franjas en la zona de acceso, a lo largo de la órbita. Una adaptación de la magnitud de la variación a una corrección óptica en la franja más crítica (por ejemplo, en el sentido de los puntos 1. y 2.) es a menudo un buen compromiso.

20 La figura 4 muestra ahora un diagrama de flujo de un algoritmo que puede ser ejecutado, por ejemplo, por un controlador implementado en el satélite SAR 10 y este algoritmo hace posible optimizar el funcionamiento del satélite SAR 10 respecto de una PRF lo más constante posible. En un primer paso S10 del algoritmo se obtiene continuamente la altura del satélite SAR 10 sobre la superficie a captar del cuerpo celeste 12. En un paso subsiguiente S12 se ajustan después los haces de exploración radiados por el satélite SAR 10 para explorar la superficie a captar mediante rotación de balanceo en función de la altura obtenida del sensor de visión lateral de tal manera que se reduzca una variación de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral. Esto puede efectuarse calculando, en función de la altura obtenida para un ángulo de visualización determinado, la magnitud de un intervalo captado de supresión de oblicuidad de una franja y variando el ángulo de visualización en función de la altura de tal manera que el intervalo de supresión de oblicuidad de una franja captado con el ángulo de visualización variado presente una magnitud que corresponda aproximadamente a la magnitud calculada para el ángulo de visualización determinado.

30 La figura 5 muestra aún un esquema de bloques fuertemente simplificado de un dispositivo 16 para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral, cuyo dispositivo puede estar concebido, por ejemplo, como un módulo e implementado en un satélite SAR 10. El dispositivo 16 presenta unos primeros medios 18 para obtener continuamente la altura del sensor de visión lateral sobre la superficie a captar y unos segundos medios 20 que están concebidos para ajustar los haces de exploración radiados por el sensor de visión lateral para explorar la superficie a captar por rotación de balanceo en función de la altura obtenida del sensor de visión lateral de tal manera que se reduzca una variación de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral. Los medios 18 y 20 pueden estar implementados en hardware o en software o al menos parcialmente en hardware o en software. Por ejemplo, pueden estar implementados por un procesador con una memoria en la que esté archivado el algoritmo esbozado en la figura 4 en forma de un programa ejecutable por el procesador.

40 Comparado con una orientación rígida de una antena, la fijación de las franjas a iluminar con ayuda de una ley de balanceo hace posible especialmente lo siguiente:

- Se pueden hacer funcionar tramos más largos en la órbita con una PRF constante: en el ejemplo de centinela-1 incluso constante a lo largo de toda la órbita para casi todas las franjas. Asimismo, se reduce la complejidad del control/programación.

45 - Puede ser suficiente emplear una misma configuración del instrumento de medida (haz de antena) por franja en toda la órbita.

**Símbolos de referencia**

- 10            Sensor de visión lateral
- 12            Cuerpo celeste
- 50    14           Intervalo de supresión de oblicuidad de una franja
- 141           Intervalo de supresión de oblicuidad de una franja

## ES 2 415 170 T3

142	Intervalo de supresión de oblicuidad de una franja
16	Dispositivo para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral
18	Primeros medios del dispositivo 16
20	Segundos medios del dispositivo 16
5	S10-S12 Pasos de procedimiento

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral (10) a altura variable sobre la superficie (12) a captar, que comprende los pasos siguientes:
- obtención continua de la altura del sensor de visión lateral sobre la superficie a captar (S10) y
- 5 - ajuste de los haces de exploración radiados por el sensor de visión lateral para explorar la superficie a captar mediante rotación de balanceo en función de la altura obtenida del sensor de visión lateral de tal manera que se reduzca una variación – dependiente de la distancia del sensor de visión lateral a la superficie – de una franja iluminada (14; 141, 142) de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral (S12).
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el ajuste mediante rotación de balanceo comprende un giro mecánico del sensor de visión lateral.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** por que el ajuste mediante rotación de balanceo comprende una rotación de balanceo electrónica de los haces de exploración radiados mediante una activación correspondiente de una antena del sensor de visión lateral.
- 15 4. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 ó 3, **caracterizado** por que el ajuste mediante rotación de balanceo comprende una basculación de la dirección captada por el sensor de visión lateral en función de la superficie a captar.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, 2, 3 ó 4, **caracterizado** por que el ajuste mediante rotación de balanceo comprende el mantenimiento de una distancia fija entre el sensor de visión lateral y la superficie captada.
- 20 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el ajuste mediante rotación de balanceo comprende el mantenimiento de una anchura fija de una franja iluminada por el sensor de visión lateral en la superficie a captar.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el ajuste mediante rotación de balanceo comprende una variación – común para todas las franjas iluminadas por el sensor de visión lateral en la zona de acceso – de un ángulo de visualización a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral.
- 25 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que se adapta también la orientación del sensor de visión lateral correspondiente a su posición orbital mediante guiñada y cabeceo de tal manera que se garantice una geometría de toma de Doppler nulo en toda la zona de acceso del sensor de visión lateral.
- 30 9. Dispositivo (16) para optimizar el funcionamiento de un sensor activo de visión lateral (10) a altura variable sobre la superficie (12) a captar, en donde el dispositivo está concebido para ejecutar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y presenta lo siguiente:
- unos primeros medios (18) para obtener continuamente la altura del sensor de visión lateral sobre la superficie a captar y
  - unos segundos medios (20) para ajustar los haces de exploración radiados por el sensor de visión lateral para explorar la superficie a captar mediante rotación de balanceo en función de la altura obtenida del sensor de visión lateral de tal manera que se reduzca una variación – dependiente de la distancia del sensor de visión lateral a la superficie – de una franja iluminada (14; 141, 142) de la superficie a captar a lo largo de la órbita del sensor de visión lateral.
- 35 10. Sensor de visión lateral **caracterizado** por que presenta un dispositivo según la reivindicación 9.

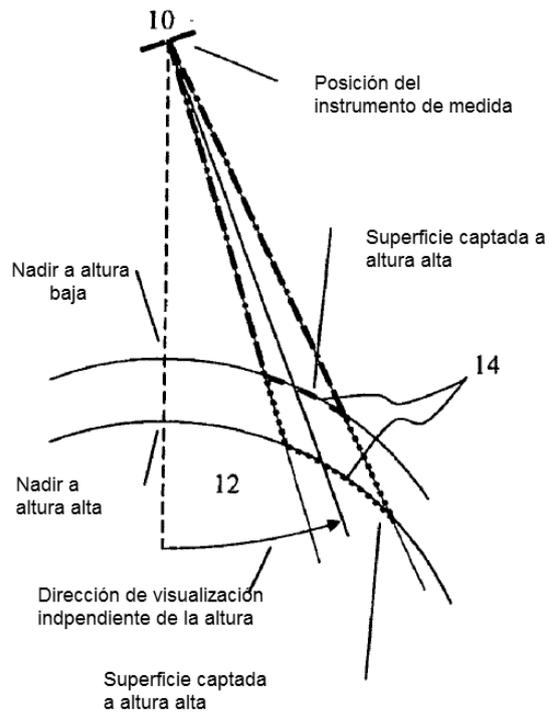


Fig. 1

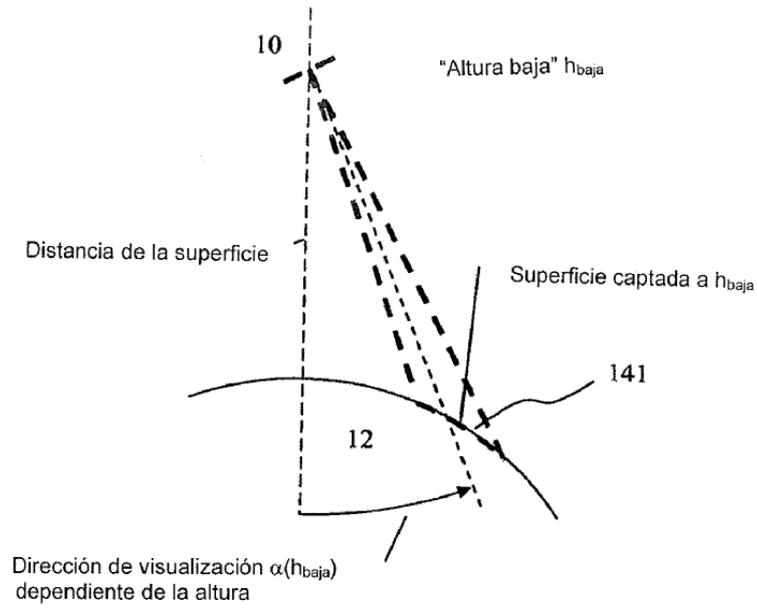


Fig. 2A

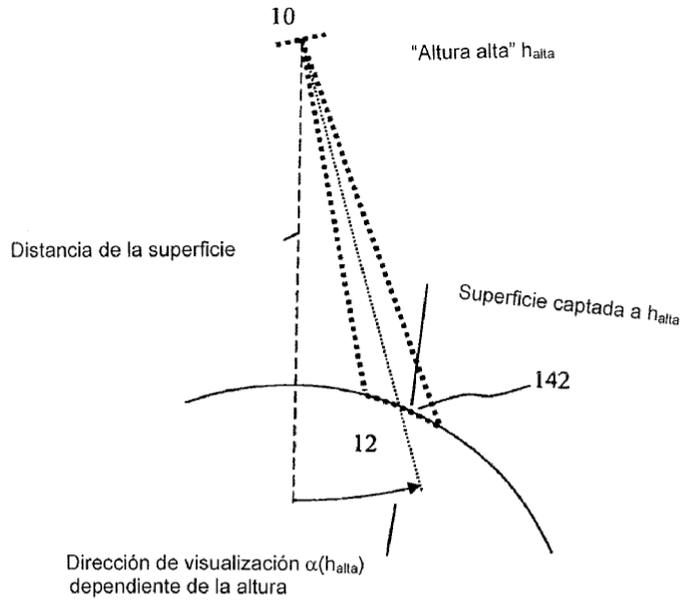


Fig. 2B

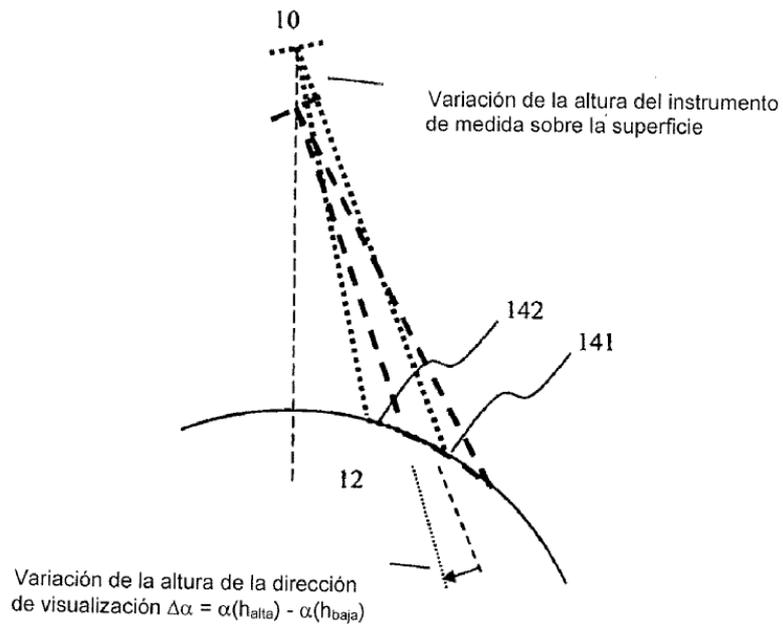


Fig. 3A

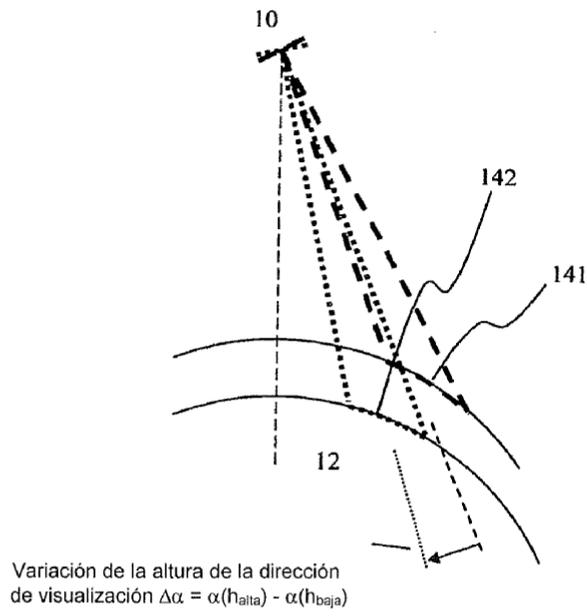


Fig. 3B

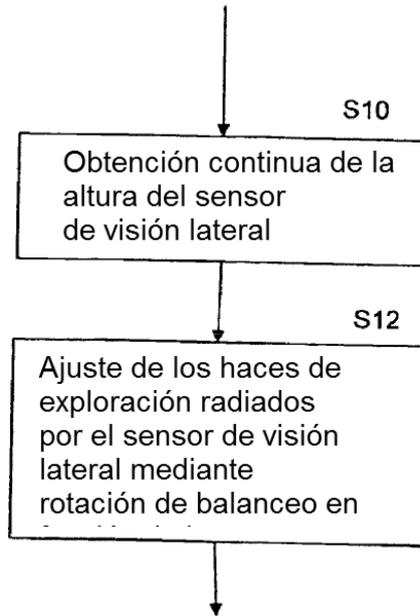


Fig. 4

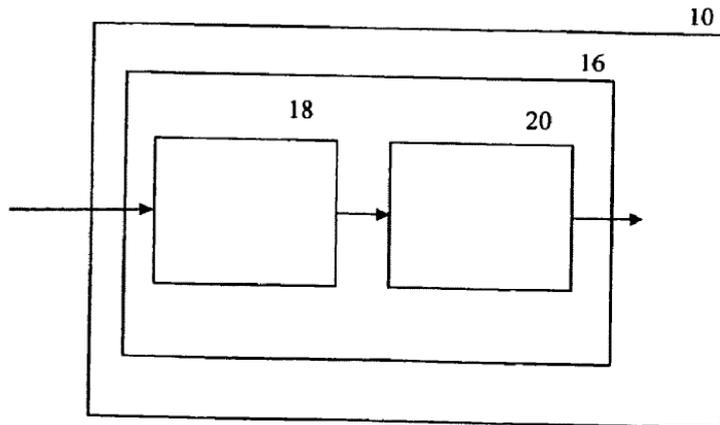


Fig. 5