



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 342 488**

⑤1 Int. Cl.:
G01S 13/90 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **06425473 .3**

⑨6 Fecha de presentación : **07.07.2006**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1876470**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **09.01.2008**

⑤4 Título: **Método y aparato para la detección de objetos móviles mediante imágenes SAR.**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.07.2010

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.07.2010

⑦3 Titular/es: **SELEX Galileo S.p.A.**
Via A. Einstein 35
Campi Bisenzio, FI, IT

⑦2 Inventor/es: **Aprile, Angelo**

⑦4 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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

Método y aparato para la detección de objetos móviles mediante imágenes SAR.

5 La presente invención está relacionada con un método y un aparato para la detección de objetos móviles por medio de imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética).

El radar SAR (Radar de Apertura Sintética) es un sistema de radar de transmisión de impulsos de microondas que puede ser transportado por un avión.

10 El uso de microondas habilita la adquisición de imágenes en cualquier momento, independientemente del tiempo climático o bien si es de día o de noche, e independientemente de las condiciones meteorológicas, y en consecuencia el SAR se utiliza ampliamente en la monitorización del medio ambiental en aplicaciones militares, en el mapeado geológico, y en otras aplicaciones.

15 La energía del impulso de radar, transmitido por una antena, es reflejada por la superficie del terreno en todas las direcciones, y parte de la misma es capturada por la misma antena transmisora. Esta señal, denominada en general como el “eco”, es entonces procesada para generar una secuencia de imágenes. La secuencia de imágenes se obtiene por la integración de la señal de radar a través de un intervalo de tiempo dado, denominado también como el tiempo de observación.

20 La resolución de la imagen en la dirección de apuntamiento de la antena (dirección del alcance) depende exclusivamente del ancho de banda de los impulsos de microondas transmitidos. La resolución de la imagen en la perpendicular de la dirección con respecto a la dirección del apuntamiento de la antena (dirección de acimut o dirección del alcance transversal) depende del tiempo de observación, es decir, el tiempo de recepción de la señal del eco. Con el fin de obtener una imagen de alta resolución, son necesarios unos tiempos de observación muy largos, los cuales dependen en general de la distancia observada y de la velocidad de la plataforma del radar, y que puede ser incluso del orden de decenas de segundos. En consecuencia, el reconocimiento y localización de los posibles objetos móviles en la escena observada son muy imprecisos. De una forma similar a lo que ocurre en una cámara ordinaria, de hecho un objeto móvil da lugar a una “estela” en la imagen adquirida. Obviamente, la “estela” es más evidente cuando más largo sea el tiempo de observación y cuanto más rápido se mueva el objeto.

De acuerdo con un método de detección de los objetos en movimiento, expuesto en el documento US 2004/00323615, una secuencia de imágenes SAR de un solo vistazo se generan utilizando un sistema SAR de canal único. Los candidatos de los objetos móviles se detectan en cada imagen de una sola mirada, y en donde las características indicativas de los candidatos en las imágenes subsiguientes se correlacionan entonces para determinar los vectores de desplazamiento para los candidatos.

40 Otro método para la detección de los objetos móviles se expone en el documento GB 2228361.

El objeto de la presente invención es por tanto el poder proporcionar un método y un aparato para detectar los objetos en movimiento mediante imágenes SAR que sean capaces de sobrepasar los inconvenientes descritos de la técnica anterior, y al mismo tiempo que sean totalmente eficientes y fiables.

45 De acuerdo con la presente invención, el método y el aparato para detectar objetos en movimiento mediante imágenes SAR se proporcionan según lo definido en la reivindicación 1 y en la reivindicación 11, respectivamente.

50 Para una mejor comprensión de la invención, algunas realizaciones se describirán ahora solo a modo de un ejemplo no limitante, y con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- la figura 1 muestra esquemáticamente un avión equipado con un aparato para detectar objetos móviles mediante imágenes SAR de acuerdo con la presente invención, y blancos de superficie en movimiento;
- 55 • la figura 2 muestra un diagrama de bloques simplificado del aparato de la figura 1;
- la figura 3 muestra un diagrama de bloques más detallado de una parte del aparato de la figura 2;
- la figura 4 muestra una representación esquemática de cantidades con respecto a la presente invención;
- 60 • la figura 5 muestra un diagrama de bloques más detallado de una parte del diagrama de bloques de la figura 2;
- la figura 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento de un método de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 65 • la figura 7 muestra una representación esquemática de cantidades con respecto al método de acuerdo con la presente invención; y

• la figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento de un método de acuerdo con una realización diferente de la presente invención.

La figura 1 muestra, a modo de ejemplo, un avión 1, el cual está moviéndose en una dirección A predeterminada con una velocidad $\rightarrow V_A$, y que está equipado con un aparato 2 de radar de apertura sintética (SAR) de acuerdo con la presente invención. La figura 1 además ilustra objetos moviéndose en una porción de la superficie de la Tierra iluminada por el aparato 2 de imágenes SAR.

Tal como se muestra en la figura 2, el aparato SAR comprende el transceptor 2a de radar de un único canal, provisto con una unidad de procesamiento 4. El dispositivo 2 genera imágenes SAR de dos dimensiones en coordenadas de distancia y acimut (o alcance transversal), y además reconoce y localiza objetos que se desplazan en la escena que se está observando, tal como por ejemplo los blancos 3 de la superficie. Las imágenes SAR son imágenes en un formato numérico, definidas por un matriz de puntos o píxeles, en donde cada uno de los cuales tiene un valor respectivo, indicando la reflectividad de una porción correspondiente de la superficie del terreno observado.

La figura 3 muestra la unidad de procesamiento 4 que implementa el método de acuerdo con la presente invención. En particular, la unidad de procesamiento 4 comprende un módulo 5 de generación de imágenes y un módulo detector 6, el cual opera en paralelo. El módulo 5 de generación de imágenes está configurado para suministrar, comenzando por desde la señal R_p de radar, una secuencia de imágenes I_A de alta resolución, dada por la apertura T_A de una forma conocida.

En detalle, el módulo 5 de generación de imágenes comprende, en conexión en cascada entre sí, un convertidor analógico-digital 7, y un muestreador 8 en fase y cuadratura, un módulo 9 de filtrado y decimación, y un módulo 10 de procesamiento rápido que opera en el dominio del tiempo, el cual forma una línea 5a de pre-procesamiento. El módulo 5 de generación de imágenes comprende además un módulo 11 de generación de imágenes, dispuesto en la zona de aguas debajo de la línea 5a de pre-procesamiento. El convertidor 7 analógico-digital recibe en la entrada la señal R_p de radar, capturada por el transceptor 2a de radar, y la convierte en un formato numérico. El muestreador 8 en fase y en cuadratura extrae una señal en fase I y una señal Q en cuadratura a partir de la señal R_p de radar digitalizada, y las suministra al módulo 9 de filtrado y decimación. El módulo 10 de procesamiento rápido opera en el dominio rápido del tiempo (es decir, en el dominio del tiempo asociado con el procesamiento en la dirección del alcance) y, de una forma conocida, suministra una señal PRF de repetición de impulsos que se inicia a partir de la señal en fase I y de la señal Q en cuadratura, que se filtran y se realiza el decimado.

En particular, el módulo 10 de procesamiento rápido está configurado para llevar a cabo un procedimiento para compensar el movimiento del aparato 2 del SAR (es decir, el avión 1) con respecto a la porción de la superficie iluminada del terreno. Finalmente, el módulo 11 de generación de las imágenes produce una secuencia de imágenes I_A de alta resolución de dos dimensiones, mediante la integración coherente de la señal PRF de la frecuencia de repetición de impulsos.

Con un mayor detalle, las imágenes I_A de alta resolución presentan una resolución en la dirección del alcance o resolución de la distancia R_A que son substancialmente las mismas entre sí. De ahora en adelante, la denominación de “dirección de la distancia D_R ” significa una dirección que es radial con respecto al transceptor de radar 2a, y la denominación de “dirección de acimut D_A (o distancia transversal)” significa una dirección perpendicular a la dirección de la distancia. Normalmente, la dirección de acimut es paralela a la dirección de movimiento A del avión 1.

El tiempo de integración coherente de la señal PRF de la frecuencia de repetición de impulsos, necesaria para obtener una resolución de acimut R_A que sea igual a la resolución R_R de la distancia se denomina como “apertura sintética” o bien “tiempo de apertura” T_A . En la práctica, considerando la velocidad $\rightarrow V_A$ del avión 1, el tiempo de apertura T_A está dado por la extensión o apertura que la antena del radar necesitaría tener para obtener una resolución de acimut R_A y una resolución de la distancia R_R que sean las mismas entre sí.

El módulo detector 6 está configurado para detectar y localizar los objetos 3 moviéndose en una porción de la superficie terrestre iluminada por el aparato 2 SAR. En particular, el módulo 6 detector suministra una lista de objetos móviles 3 con las respectivas coordenadas C_M y la velocidad V_M (módulo y dirección) comenzando desde la señal PRF de la frecuencia de repetición de impulsos a la salida el módulo 10 de procesamiento rápido.

Con un mayor detalle, el módulo detector 6 comprende un generador 12 de sub-apertura, un módulo de diferencia de imágenes 13, un módulo 14 de reconocimiento de patrones, un módulo 5 de validación, y un módulo 16 de estimación de movimiento.

El generador 12 de sub-apertura genera una secuencia de imágenes I_{SA} de baja resolución de acimut obtenidas por integración coherente de la señal PRF de la frecuencia de repetición de los impulsos para una sub-apertura, o bien una sub-apertura T_{SA} más corta que la apertura T_A . A modo de ejemplo, la sub-apertura T_{SA} es aproximadamente 0,25 segundos; los valores normales para la apertura T_A son generalmente mayores que 1 segundo, y en donde puede alcanzarse 8-10 segundos.

El módulo 13 de diferencia de imágenes recibe en su entrada la secuencia de las imágenes I_{SA} de baja resolución de acimut y ejecuta una diferencia de píxel por píxel entre las imágenes I_{SA} consecutivas de baja resolución de acimut, suministrando una secuencia de imágenes diferencia I_D en su salida.

El módulo 14 de reconocimiento de patrones recibe en su entrada la secuencia de las imágenes de diferencia I_D y procesa las mismas para identificar los patrones típicamente asociados con el movimiento de un objeto (de ahora en adelante denominados como “dobletes” D). En la práctica, el módulo 14 de reconocimiento de patrones procesa cada imagen de diferencia I_D para reconocer los dobletes D presentes, y suministra una lista de los dobletes D reconocidos al módulo 15 de validación. El módulo 15 de validación lleva a cabo un procedimiento de validación para reconocer las series de dobletes D realmente correspondientes a los respectivos objetos móviles 3, y para eliminar cualesquiera posibles artefactos debidos a falsas alarmas o a los residuos de la compensación no perfecta aplicada por el módulo 10 de procesamiento rápido.

El módulo 16 de estimación del movimiento recibe la secuencia de los dobletes validados D_V del módulo de validación 15, y procesa los mismos para la reposición de los objetos móviles 3 en un mapa, asociando a cada uno de los mismos una posición C_M (en coordenadas de distancia y acimut) y una velocidad V_M (módulo y dirección).

Tal como se indicó previamente, el módulo detector 6 utiliza las imágenes I_{SA} de resolución baja de acimut producidas por el módulo 12 del generador de sub-apertura. En una imagen I_{SA} de resolución baja de acimut, la resolución R_A de acimut se degrada con respecto a la imagen I_A de alta resolución, puesto que la imagen I_{SA} de resolución baja de acimut se obtiene al considerar tiempos más cortos de integración coherente. No obstante, la traza de los objetos móviles es mucho más concentrada y por tanto permite una localización más precisa.

Además de ello, el módulo detector 6 trabaja sobre las imágenes diferencia I_D (entre las imágenes I_{SA} consecutivas de baja resolución de acimut), las cuales contienen información particularmente significativa en cuando a los objetos móviles 3. De hecho, las porciones de las imágenes de diferencia I_D para los objetos móviles son substancialmente cero: en dos imágenes I_{SA} consecutivas de baja resolución de acimut, de hecho, los valores de reflectividad correspondientes a los objetos permanecen sin variar y por tanto se eliminan por la operación de diferencia. Tal como se muestra en la figura 4, en su lugar, un objeto móvil 3 produce, en la imagen I_D de diferencia, un doblete D , es decir, una forma de onda que comprende dos regiones 19, 20 próximas entre sí, teniendo cada una un signo homogéneo pero opuesto al signo del otro. Además de ello, las características morfológicas predeterminadas de la primera región (19; RP) y de la segunda región (20; RN) son iguales, excepto para una tolerancia predeterminada. En particular, las regiones 19, 20 tienen los picos respectivos 21, 22 de substancialmente la misma amplitud y de signo opuesto (de ahora en adelante denominados también como picos “dobles”). El pico 21, que es positivo, indica una posición P_1 del objeto en la imagen I_{SA} de baja resolución de acimut más reciente, mientras que el pico 22, que es negativo, indica una posición P_2 del objeto en la imagen I_{SA} de baja resolución de acimut menos reciente. Además de ello, la distancia entre los picos dobles 21, 22 del doblete D indica el espacio cubierto por el objeto móvil 3 en un intervalo de tiempo igual a la sub-apertura T_{SA} . En consecuencia, cada doblete D suministra también información con respecto a la velocidad V_M del objeto 3 móvil correspondiente.

El módulo 14 de reconocimiento de patrones lleva a cabo una primera selección, eliminando todos los componentes de la imagen diferencia I_D que no puedan inscribirse en los dobletes D .

Se realiza una segunda selección más precisa por el módulo de validación 19, para eliminar los componentes de la imagen diferencia I_D que pueden considerarse como los dobletes D , pero que están provocados por las fluctuaciones anómalas no producidas por los objetos móviles 3. Para este fin, el módulo de validación 15 lleva a cabo un procedimiento para el seguimiento de cada doblete D identificado, en particular, mediante la verificación de la congruencia del movimiento que comienza desde una serie de imágenes I_D de diferencia consecutivas. Por ejemplo, el doblete D se valida y se asocia a un objeto móvil 3 si persiste en un número mínimo de imágenes I_D de diferencia consecutivas, y en donde la posición de los picos dobles 21, 22 son compatibles con las velocidades previas estimadas (es decir, si un número mínimo de imágenes I_D de diferencia consecutivas contienen una serie de dobletes D compatibles con el movimiento de un objeto que tenga una velocidad V_M estimada sobre la base de las posiciones de los picos dobles 21, 22 de cada doblete D de la serie). Los dobletes D que no cumplan con el requisito de validación no son reconocidos como objetos móviles y se eliminan.

El procedimiento de seguimiento además suministra una estimación precisa de la velocidad V_M de los objetos móviles asociados con los dobletes validados D_V .

Finalmente, el módulo 16 de estimación del movimiento recibe desde el módulo de validación 15 la secuencia de los dobletes D_V , y se procesa para la reposición de los objetos móviles 3 en un mapa, y suministra una lista de los objetos móviles 3 presentes en la porción de la superficie terrestre iluminada por el aparato 2 SAR, asociando a cada uno de los mismos una posición C_M y una velocidad V_M .

La figura 5 muestra con un mayor detalle el módulo 14 de reconocimiento de patrones, el cual comprende un módulo de búsqueda de picos 17 y un módulo 18 de búsqueda de dobletes.

El módulo 17 de búsqueda de picos analiza píxel por píxel cada imagen de diferencial I_D recibida en la entrada, y genera una lista de todos los valores de pico que excedan de un umbral predeterminado, asociando los mismos a los conjuntos respectivos de los parámetros, entre los cuales se encuentran las coordenadas, la amplitud y el signo.

El módulo 18 de búsqueda de dobletes explora la proximidad Δ de la extensión predeterminada alrededor de cada pico con el fin de buscar un pico adicional que tenga substancialmente la misma amplitud y un signo opuesto (doble

pico). Si la búsqueda tiene éxito, el módulo de búsqueda de dobletes registra la presencia de un doblete D. Los dobletes D identificados (no validado todavía) son candidatos a estar asociados a los objetos móviles 3.

El procedimiento implementado por el modulo 18 de búsqueda de dobletes está representado en el diagrama de flujo 18, y está representado en el diagrama de flujo de la figura 6.

Inicialmente (bloque 23) el modulo 18 de búsqueda de dobletes selecciona un pico (pico enésimo) a partir de la lista de los picos presentes en la imagen de diferencia I_D . A continuación, (bloque 24), el modulo 18 de búsqueda de dobletes busca un posible pico doble adicional de signo opuesto en las proximidades Δ del pico seleccionado.

En este punto (bloque 25), si en las proximidades Δ no pueden identificarse ningún pico doble, la búsqueda de dobletes D se reinicia desde el bloque 23, con la selección de un nuevo pico (pico (n+1)). Si en su lugar en las proximidades Δ se ha identificado un posible pico doble, que tiene un signo opuesto al primero, el modulo de búsqueda de dobletes compara las amplitudes del primer pico seleccionado y el posible pico doble (bloque 26). Si los dos picos tienen distintas amplitudes, la búsqueda de los dobletes D se reinicia comenzando desde el bloque 23 con la selección de un nuevo pico (pico (n+1)). Si el pico seleccionado y el posible pico doble tienen substancialmente la misma amplitud, la presencia de un doblete D quedará reconocida, y los datos relativos al doblete identificado se almacenarán (bloque 27) (por ejemplo se almacenarán las coordenadas y las amplitudes de los picos).

Finalmente (bloque 28), si la imagen diferencia ha sido escaneada completamente, entonces se suministrará una lista de dobletes D identificados por los parámetros correspondientes. De lo contrario, se inicia el escaneado desde el bloque 23, con la selección de un nuevo pico (pico (n+1)). El método y aparato de acuerdo con la presente invención permite ventajosamente la estimación de la posición C_{MT} y la velocidad V_M de un objeto móvil de una forma más precisa que la que es posible utilizando los métodos convencionales que consideran las aperturas completamente sintéticas.

Además de ello, el método y dispositivo de acuerdo con la presente invención, son capaces de identificar también aquellos objetos móviles que poseen una componente de velocidad exclusivamente de acuerdo con la dirección de acimut D_A .

Finalmente, el método descrito puede funcionar realmente utilizando un transceptor de radar de un solo canal y es muy ligero desde el punto de vista computacional.

De acuerdo con una realización diferente de la invención, el reconocimiento de los patrones se lleva a cabo de acuerdo con un procedimiento que se describirá más adelante, con referencia a las figuras 7 y 8. En este caso, los patrones que han sido solicitados en las distintas imágenes I_D son una región positiva RP y una región negativa RN, los cuales son dobles con respecto entre sí. La región positiva RP y la región negativa RN son porciones de una imagen de diferencia I_D , en donde los valores de los píxeles tienen un signo homogéneo, un signo positivo y un signo negativo, respectivamente. Mediante la denominación de "doble" se quiere decir en este caso, que la región positiva RP y la región negativa RN tienen substancialmente las mismas formas y dimensiones, excepto para unas tolerancias predeterminadas, y ambas están comprendidas en una zona de seguridad RC, la cual tiene también una extensión predeterminada (indicada por la línea de puntos en la figura 7). En la práctica, la presencia de las zonas dobles positiva RP y negativa RN indican el movimiento de un objeto extendido.

Con referencia a la figura 8, el módulo 14 de reconocimiento de patrones está configurado para la búsqueda inicial de valores de pico PV en una imagen de diferencia I_D (bloque 30, véase también la figura 7). A continuación (bloque 31) se aplica un filtro de umbral a las porciones de la imagen de diferencia I_D para generar una imagen filtrada I_F . Con un detalle mayor, para cada valor de pico PV se define un umbral TH, que es igual a una fracción predeterminada del valor de pico PV en si mismo (por ejemplo, $\frac{1}{2}$; se observará que cada umbral TH tiene el mismo signo que el valor de pico PV respectivo). A continuación, utilizando las ventanas W de dimensiones predeterminadas (indicadas con una línea de trazos y puntos en la figura 7), centradas sobre cada valor de pico PV, el módulo 14 de reconocimiento de patrones calcula los píxeles $I_F(x, y)$ de la imagen filtrada IF sobre la base de los valores de los píxeles correspondientes $I_D(x, y)$ de la imagen de diferencia I_D de la forma siguiente (x e y indican las coordenadas en las direcciones de la distancia y acimut, respectivamente:

$$I_F(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } |I_D(x, y)| < |TH| \\ 1 & \text{si } I_D(x, y) > TH > 0 \\ -1 & \text{si } I_D(x, y) < TH < 0 \end{cases}$$

Una vez que se complete la operación del filtrado alrededor de todos los valores de pico PV previamente identificados, los valores de los píxeles restantes de la imagen filtrada IF se configuran igual a los valores de los píxeles correspondientes de la imagen de diferencia I_D .

ES 2 342 488 T3

A continuación (bloque 32), la imagen filtrada IF es examinada y las regiones positivas RP y las regiones negativas RN que tengan valores homogéneos y distintos de cero quedan identificadas. Las características morfológicas de las regiones RP positivas adyacentes y las regiones negativas RN se comparan entonces (bloque 33), considerando un margen de tolerancia, con el fin de identificar las regiones RP positivas dobles y las regiones RN negativas. Por ejemplo, la comparación se lleva a cabo por extracción y comparación de las características morfológicas salientes (dimensiones máxima y media, área, perímetro, distribución alrededor del centroide y similares; la tolerancia está fijada en términos de la diferencia de porcentaje máxima admisible entre las correspondientes características).

Cuando las regiones RP positivas dobles y las regiones RN negativas están identificadas (salida SI del bloque 34), se completa el reconocimiento de un patrón indicando un objeto móvil 3 (bloque 35).

Si una región RP positiva y una región RN negativa examinadas no se corresponden mutuamente, el reconocimiento falla (salida NO del bloque 34).

Después de haber completado el procedimiento de reconocimiento en todas las regiones positivas RP y regiones negativas RN (salida SI del bloque 36), se lleva a cabo un procedimiento de validación (bloque 37) substancialmente tal como se describió anteriormente. En este caso, la validación prevé que la presencia de regiones RP positivas dobles y regiones negativas RN se verifique en un número predeterminado de imágenes de diferencia consecutivas I_D . La velocidad puede ser estimada, por ejemplo, sobre la base de las posiciones de los centroides de las regiones RP positivas dobles y regiones negativas RN.

Finalmente, es evidente que las modificaciones y variaciones pueden realizarse en el dispositivo y método descritos aquí, sin desviarse por tanto del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la detección de objetos móviles (3) mediante imágenes SAR, que comprende las etapas de:

- generación de una señal (PRF) de frecuencia de repetición de impulsos que se inicia con un señal de radar (R_p); y
- generación de una secuencia de imágenes SAR (I_A , I_{SA}) que se inicia con la señal (PRF) de la frecuencia de repetición de impulsos;

caracterizado porque la etapa de generación de una secuencia de imágenes SAR (I_A , I_{SA}) comprende la generación de imágenes (I_{SA}) de acimut de baja resolución por los medios de la integración coherente de la señal (PRF) de frecuencia de repetición de impulsos para un tiempo de sub-apertura (T_{SA}) más corto que un tiempo de apertura (T_A);

y porque comprende las etapas de:

- generación de imágenes de diferencia (I_D) a través de la diferencia de punto a punto entre las imágenes SAR (I_{SA}) de acimut de baja resolución subsiguientes; y
- reconocimiento de los patrones (D; RP; RN) asociados a los objetos móviles (3) en las imágenes de diferencia (I_D).

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los patrones (D; RP; RN) están definidos por formas de onda que comprenden una primera región (19; RP), en donde los valores de la forma de onda tienen un primer signo, y una segunda región (20; RN), en donde los valores de la forma de onda tienen un segundo signo opuesto al primer signo, y en donde las características morfológicas predeterminadas de la primera región (19; RP) y de la segunda región (29; RN) son las mismas, excepto para una tolerancia predeterminada.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde los patrones (D) comprenden un primer pico (21) y un segundo pico (22) que tienen substancialmente la misma amplitud y signo opuesto, en donde el segundo pico (22) está situado en una proximidad Δ predeterminada del primer pico (21).

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende la etapa de estimación de una velocidad (V_M) de un objeto móvil (3) correspondiente a un patrón reconocido (D) sobre la base de una primera posición (P_1) del primer pico (21) del patrón reconocido (D) de una segunda posición (P_2) del patrón reconocido (D), y del tiempo de sub-apertura (T_{SA}).

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de los patrones reconocidos (RP; RN) comprende la identificación de las regiones (RP) positivas dobles y las regiones negativas (RN) de la imagen de diferencia (I_D).

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la etapa de identificación de las regiones positivas dobles (RP) y las regiones negativas (RN) comprende:

- búsqueda (30) de los valores de pico (PV) en la imagen de diferencia (I_D); y
- aplicación (31) de un filtro de umbral (TH) a las porciones de la imagen de diferencia (I_D) centrada alrededor de los respectivos valores de pico (PV).

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la etapa de aplicación (31) de un filtro de umbral (TH) comprende la asociación de un umbral respectivo (TH) a cada valor de pico (PV) y en donde cada umbral (TH) es igual a una fracción predeterminada del valor de pico asociado (PV).

8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-7, que comprende la etapa de comparar las regiones positivas (RP) con las regiones negativas (RN).

9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de llevar a cabo un procedimiento de validación de los patrones (D; RP, RN) reconocido en cada imagen de diferencia (I_D).

10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la etapa de llevar a cabo un procedimiento de validación comprende el seguimiento de los patrones reconocidos (D; RP, RN) en un numero predeterminado de imágenes de diferencia consecutivas (I_D).

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la etapa de seguimiento de los patrones reconocidos (D; RP, RN) comprende la búsqueda, en el numero predeterminado de imágenes (I_D) consecutivas, para la serie de patrones reconocidos (D; RP, RN) compatibles con el movimiento de un objeto que tenga la velocidad (V_M) estimada sobre la base de cada patrón (D; RP, RN) de la serie.

12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tiempo de sub-apertura (T_{SA}) es aproximadamente 0,25 segundos.

13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de generación de las imágenes de diferencia (I_D) comprende la realización de una diferencia de punto a punto entre dos imágenes SAR (I_{SA}) de acimut de baja resolución consecutivas.

14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de irradiar y recibir la señal de radar (R_P) mediante un dispositivo transceptor (2a) de radar de un único canal.

15. Un aparato para la detección de objetos móviles (3) mediante imágenes SAR, que comprende:

- un dispositivo (2a) transceptor de radar; y
- una línea (51) de pre-procesamiento, para generar una señal (PRF) de frecuencia de repetición de impulsos, que se inicia a partir de la señal de radar (R_P);

caracterizado porque comprende:

- un generador (12) de sub-apertura, configurado para generar una secuencia de imágenes SAR de acimut de baja resolución (I_{SA}) por integración coherente de la señal (PRF) de frecuencia de repetición de impulsos para un tiempo de sub-apertura (T_{SA}) más corto que un tiempo de apertura (T_A);
- un módulo (13) de diferencia de imágenes, para generar imágenes (I_D) de diferencia a través de la diferencia de punto a punto entre las imágenes SAR (I_{SA}) de acimut de baja resolución; y
- un módulo (14) de reconocimiento de patrones, para reconocer los patrones (D; RP, RN) asociados con los objetos móviles (3) en las imágenes de diferencia (I_D).

16. El aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en donde los patrones (D; RP, RN) se definen por formas de onda que comprenden individualmente una primera región (19; RP), en donde los valores de la forma de onda tienen un primer signo, y una segunda región (20, RN), en donde los valores de la forma de onda tienen un segundo signo opuesto al primer signo, y en donde las características morfológicas predeterminadas de la primera región (19; RP) y de la segunda región (29; RN) son las mismas, excepto para una tolerancia predeterminada.

17. El aparato de acuerdo con la reivindicación 16, en donde los patrones (D) comprenden un primer pico (12) y un segundo pico (22) teniendo substancialmente la misma amplitud y un signo opuesto, en donde el segundo pico (22) está situado en una proximidad predeterminada (Δ) del primer pico (21).

18. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15-17, que comprende un módulo de validación (15), configurado para llevar a cabo un procedimiento de validación de los patrones (D; RP, RN) reconocidos en cada imagen de diferencia (I_D).

19. El aparato de acuerdo con la reivindicación 18, en donde el módulo de validación (15) está configurado para el seguimiento de los patrones reconocidos (D; RP, RN) en un número predeterminado de imágenes de diferencia consecutivas (I_D).

20. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15-19, en donde el módulo (13) de diferencia de imágenes está configurado para llevar a cabo una diferencia de punto a punto entre dos imágenes SAR (I_{SA}) de acimut de baja resolución.

21. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15-20, en donde el dispositivo (2a) transceptor de radar es del tipo de un único canal.

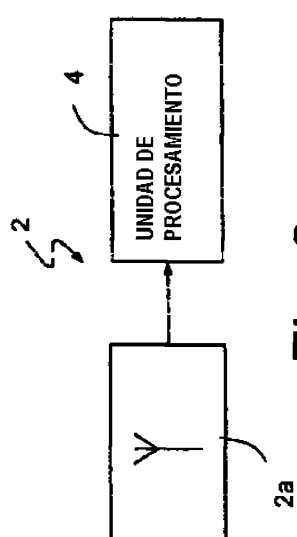


Fig. 2

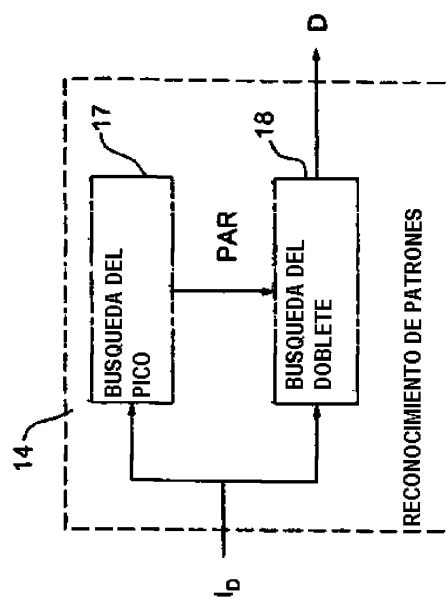


Fig. 5

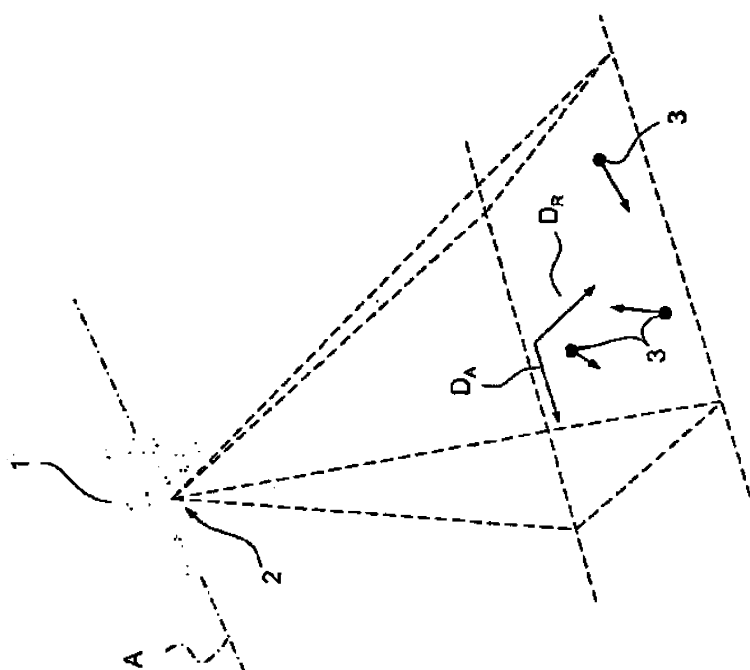


Fig. 1

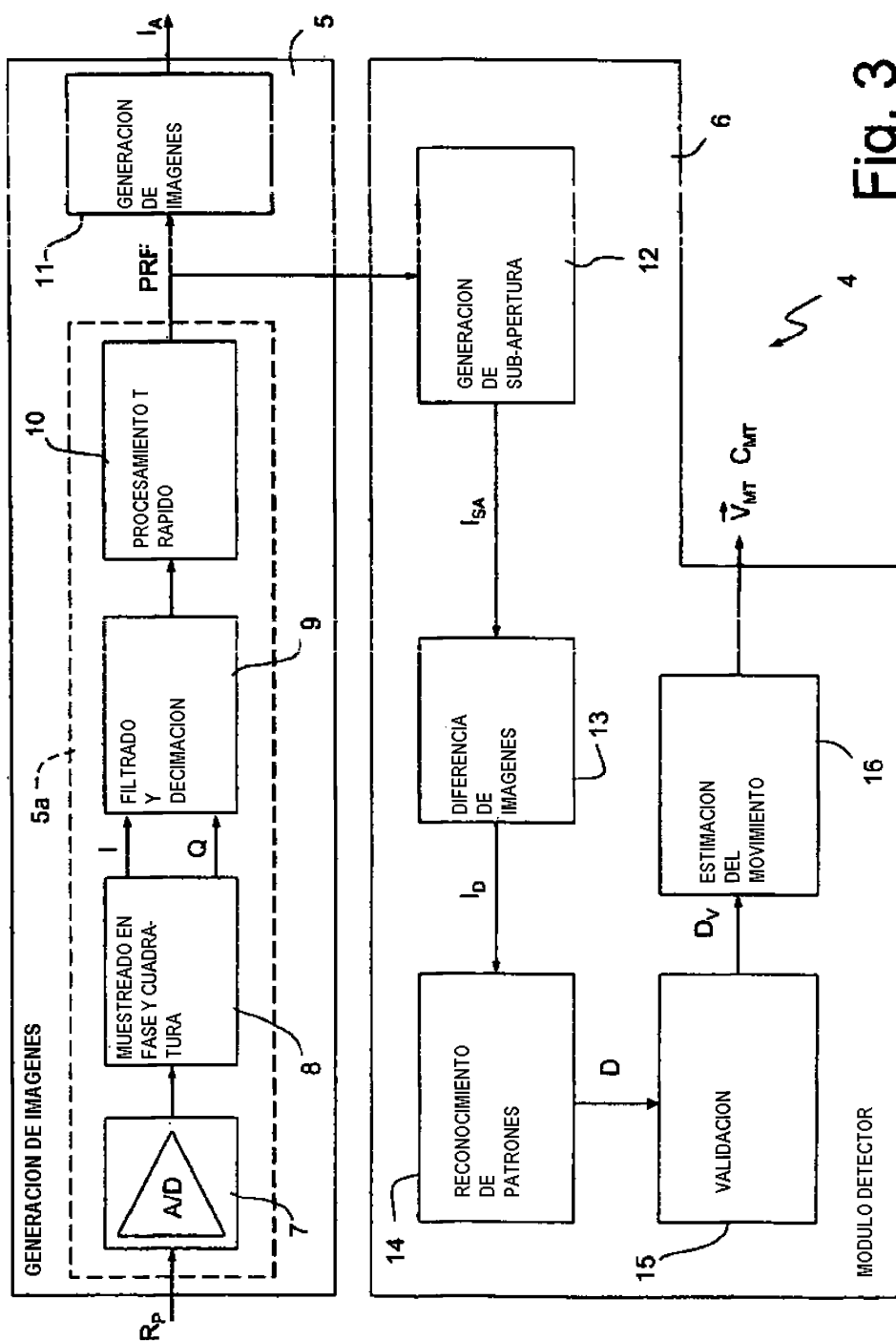


Fig. 3

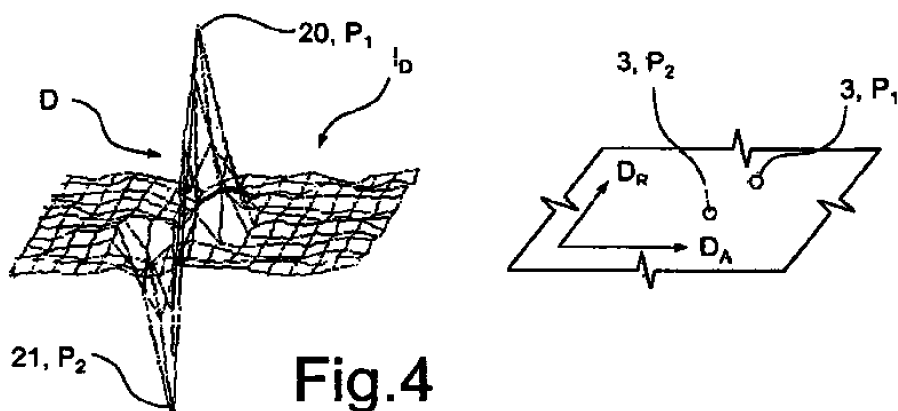


Fig.4

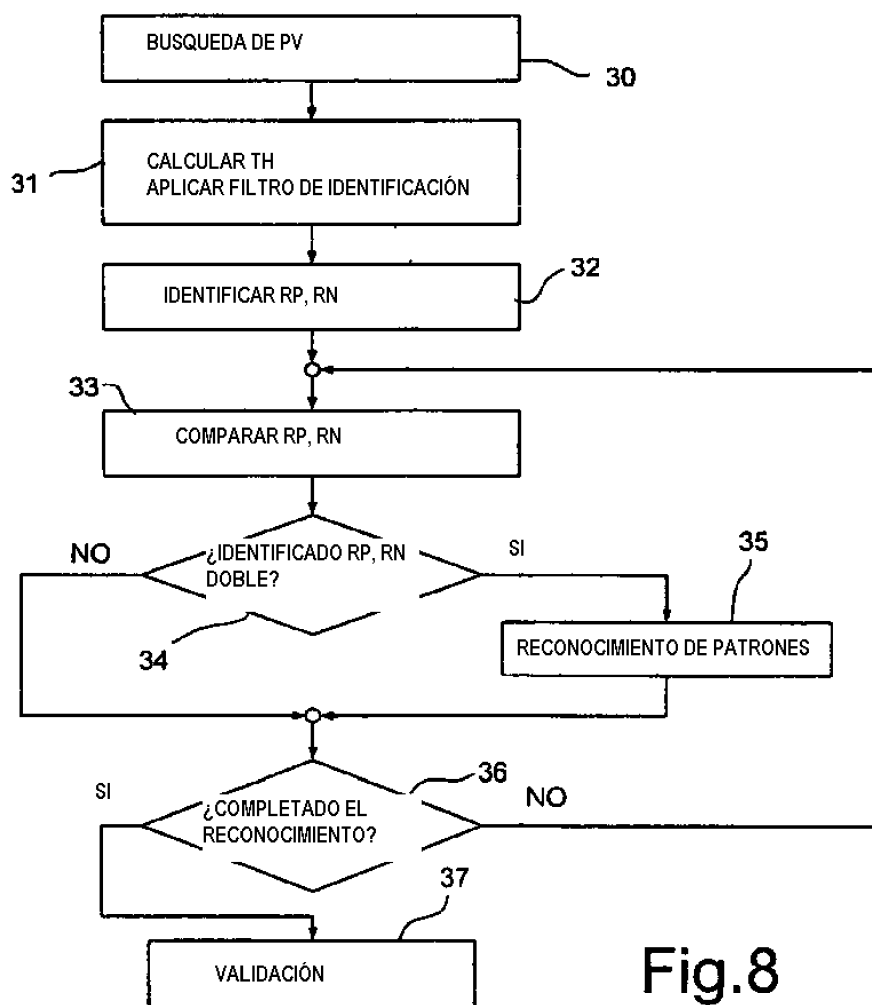


Fig.8

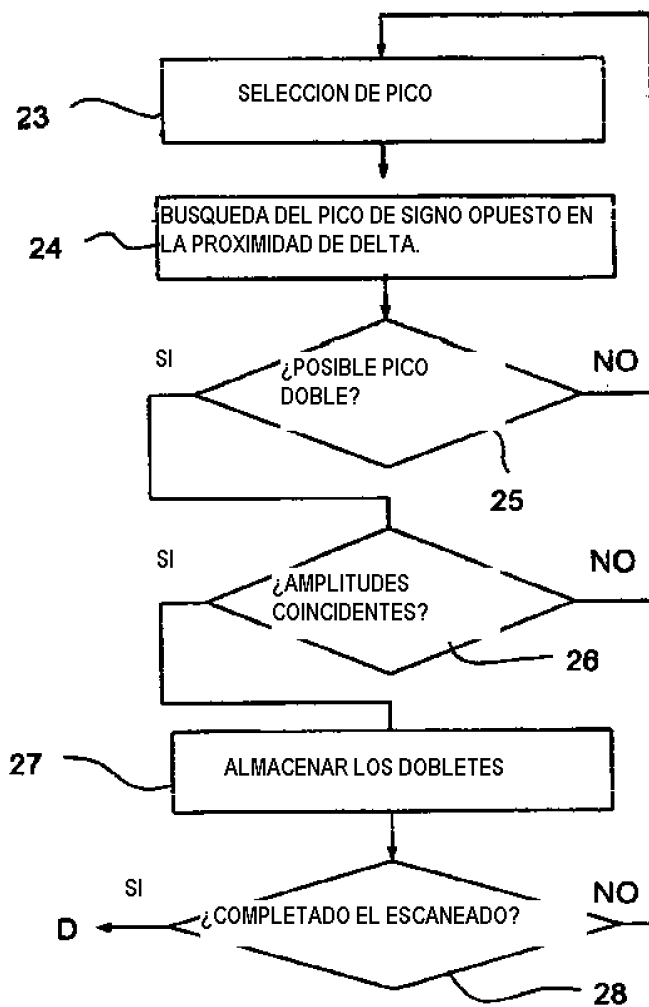


Fig. 6

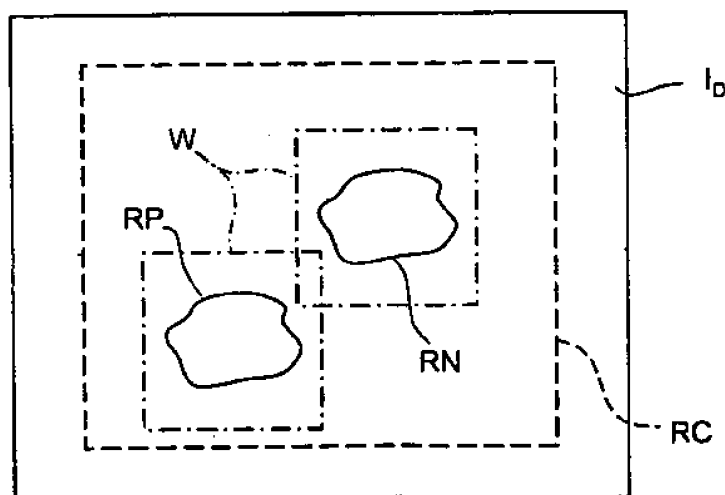


Fig.7