

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 202**

51 Int. Cl.:

G01S 13/90 (2006.01)

G01S 13/06 (2006.01)

G01S 13/58 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2014 PCT/DE2014/100180**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.01.2015 WO15003686**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2014 E 14733976 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3019889**

54 Título: **Detección de barcos en datos de radar de interferometría**

30 Prioridad:

12.07.2013 DE 102013107402

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

04.08.2020

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe
51147 Köln , DE**

72 Inventor/es:

**SUCHANDT, STEFFEN y
RUNGE, HARTMUT**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 777 202 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

Detección de barcos en datos de radar de interferometría

- 5 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua (barcos /embarcaciones) a partir de datos de radar de interferometría, en los que están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos.
- 10 Para la monitorización del tráfico marítimo los guardacostas de varios países recurren a datos de satélites-radar, como por ejemplo el alemán TerraSAR-X. A este respecto la abreviatura "SAR" representa en inglés "*Synthetic Aperture Radar*" (radar de apertura sintética). Estos satélites-radar con capaces de tomar imágenes de grandes zonas de la superficie terrestre independientemente de la hora del día y de las condiciones meteorológicas. Además se conocen sistemas automáticos de valoración de datos, los denominados "procesadores de detección de barcos SAR", que
- 15 permiten detectar barcos en los datos de radar registrados y sus coordenadas, tamaño, así como dirección de navegación y velocidad de navegación.

Los barcos pequeños (embarcaciones) con frecuencia no pueden detectarse en las imágenes de radar con los procedimientos conocidos hoy en día, dado que se diferencian demasiado poco de la señal de fondo, que se produce mediante la retrodispersión de las microondas de la superficie rugosa del mar. Un tipo especial de estas embarcaciones pequeñas son las denominadas "*speed boats*" (lanchas rápidas), que con frecuencia también se utilizan para fines ilegales. Son muy pequeñas, a menudo está hechas de plástico y alcanzan con frecuencia velocidades de navegación altas de 50 a 90 km/h mediante el equipamiento con motores potentes. Por consiguiente en las imágenes de radar de satélites hasta el momento no podían detectarse, o solo con dificultad.

25 En el caso más sencillo hoy en día un vehículo acuático se encuentra en una imagen de amplitud SAR, al detectarse la elevada retrodispersión del objeto como estructura clara en la imagen de amplitud SAR. Sin embargo, si debido a su tamaño y su estructura solo presenta una pequeña firma de radar, como es el caso de las embarcaciones anteriormente mencionadas, que por regla general debido al movimiento de las embarcaciones además está también

30 desenfocada, entonces en las imágenes de amplitud con los procedimientos de evaluación conocidos no puede detectarse o solo con dificultad. A esto se añade que la superficie del agua puede generar una intensa retrodispersión de radar y por lo tanto las pequeñas embarcaciones en la imagen de radar no se retiran lo suficiente del fondo.

Otros procedimientos conocidos se dirigen a detectar en la imagen de amplitud de los datos de radar la firma de la denominada estela de Kelvin, de una estructura de onda en forma de v que se configura detrás de un barco en la superficie del agua o la línea de quilla directamente detrás de un barco. En los procedimientos mencionados en último lugar ya no necesita detectarse por tanto el barco mismo, sino la estructura de onda, que deja huella en la superficie del agua y se hace visible en la imagen de radar.

40 Además, para la detección de barcos se aplican procedimientos multicanal SAR, que se basan en la denominada interferometría Along-Track (ATI, de línea de base ortogonal). A este respecto el radar-interferómetro toma en un intervalo muy corto (por ejemplo 1,0 ms) dos imágenes SAR independientes de la misma zona. La fase de diferencia de las capturas es aproximadamente proporcional a las velocidades de los barcos reproducidos en su navegación. Con ello la fase de diferencia es adecuada fundamentalmente tanto para la detección barcos (desplazándose) en

45 movimiento, como para la medición de velocidad de los barcos. La eficacia de este procedimiento depende asimismo de la intensidad de la firma de los vehículos acuáticos observados en las imágenes de radar y está muy limitada en particular para embarcaciones más pequeñas.

Por el documento US 6,952,178 se conoce un procedimiento, con el que pueden detectarse puntos diana en datos SAR, y después se analiza, cómo se mueven los puntos diana detectados en una secuencia de imágenes Multi-Look. Además, en el estado de la técnica se conocen los siguientes artículos para la temática presente:

- Stephan Bruschi, et al. "Ship Surveillance With TerraSAR-X", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, marzo 2011,

55

- Yu, Xiangzhen et al. "Simulation of Along-Track Interferometric Synthetic Aperture Radar Images of Kelvin Wakes", ASPAR 2009
- Shemer, L. et al. "*Simulation of ship wakes image by an along-track interferometric SAR*", Int. J. Remote Sensing, vol. 17, núm. 18, páginas 3577-3597, 1996.
- Barber B C "Multichannel ATI-SAR with application to the adaptive Doppler filtering of ocean swell waves", IEE

60

- PROCEEDINGS: RADAR, SONAR & NAVIGATION, Vol. 150, núm. 6, diciembre 2003, páginas 403-410.

La firma de embarcaciones o barcos pequeños con frecuencia en imágenes SAR no se apartan de manera suficientemente significativa del fondo, para poder detectarse, tanto en la imagen SAR individual como en las capturas multicanal según el principio ATI. Asimismo, las alteraciones típicas de la superficie del agua provocadas por el

65

movimiento de embarcaciones en forma de formaciones de olas determinadas y las denominadas estelas no están lo suficientemente marcadas en la imagen SAR, para emplearlas para la detección. Esto afecta asimismo a datos de

interferometría SAR de satélites aptos para ATI empleados hasta el momento.

El objetivo de la invención es indicar un procedimiento y un dispositivo, que permiten una detección más fiable de la navegación de vehículos acuáticos, en particular barcos pequeños o embarcaciones pequeñas, en datos de interferometría de radar.

La invención resulta a partir de las características de las reivindicaciones independientes. Los perfeccionamientos y configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes. Otras características, posibilidades de aplicación y ventajas de la invención resultan a partir de la siguiente descripción, así como de la explicación de ejemplos de realización de la invención, que están representados en las figuras.

Un aspecto del objetivo de acuerdo con el procedimiento se resuelve con un procedimiento para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua a partir de datos de interferometría radar, en particular a partir de datos de interferometría radar, que se han averiguado según el procedimiento ATI, en los que están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos. El procedimiento propuesto comprende las siguientes etapas.

En una primera etapa se realiza una facilitación de los datos de radar como datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$. Los datos de radar se registran ventajosamente por un radar-interferómetro a bordo de una o varias aeronaves o satélites. Los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ comprenden para cada píxel de datos (píxel) x,y al menos un valor de amplitud y un valor de una fase diferencial. El número y disposición de los píxeles del campo de datos bidimensionales se produce normalmente mediante el interferómetro empleado para la grabación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ o mediante un proceso de interferometría SAR conectado aguas abajo. Los ejes ópticos de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ orientados en perpendicular unos a otros son preferentemente idénticos a la dirección de vuelo del radar-interferómetro o una dirección visual orientada en perpendicular (eje de cámara) del radar-interferómetro.

En una segunda etapa se realiza una segmentación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo aquellas áreas de datos bidimensionales B_n de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que reproducen en cada caso un patrón de franjas coherente, denominado "*Fringe-Pattern*", con $n = 1, 2, \dots$. La segmentación para generar las áreas de datos bidimensionales B_n puede realizarse mediante distintos procedimientos, por ejemplo, como los que se describen a continuación.

El así llamado "*Fringe-Pattern*" patrón de franjas se produce en el presente caso mediante la formación de interferograma. Los patrones de franja observados en la presente memoria de un área de datos bidimensionales B_n muestran patrones de franjas que discurren aproximadamente en paralelo normalmente, de modo que por la dirección/orientación de los patrones de franjas en la presente memoria, en particular se entiende la dirección de las franjas que discurren en paralelo con respecto a una dirección preferida. En el presente caso la dirección predominante es preferentemente un eje óptico de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$. Después de esta segunda etapa se presentan por consiguiente datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, que son un subconjunto de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ y que entre otros presentan una coherencia de fase especialmente alta.

Dado que los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ pueden contener parcialmente píxeles de datos (x,y) , que solo debido a errores, por ejemplo errores de medición, se asociaron a la segunda área de datos bidimensionales B_n , en un perfeccionamiento tras la segunda etapa se aplican preferentemente uno o varios filtros de datos de imagen morfológicos (por ejemplo agrupación, cierre y apertura, erosión y dilatación, etc.), para eliminar o al menos reducir en la mayor medida estos errores de datos.

En un perfeccionamiento del procedimiento tras la segunda etapa (y preferentemente antes de la tercera etapa que va a describirse a continuación) se excluyen todas aquellas áreas de datos bidimensionales B_n , cuyo tamaño de área sea inferior a un valor límite predeterminado G_2 . El tamaño de área puede indicarse por ejemplo en forma del número total de los píxeles, que comprende el área de datos bidimensionales B_n respectiva.

En una tercera etapa se realiza una averiguación de un contorno (y con ello de la forma) para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n . Se conocen suficientemente algoritmos de averiguación de contorno en el estado de la técnica.

En una cuarta etapa se realiza una averiguación de un centro de gravedad para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , averiguándose además para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n la posición de un vehículo acuático basándose en el centro de gravedad. El centro de gravedad de un área de datos bidimensionales B_n puede averiguarse por ejemplo fácilmente sobre la base de la disposición geométrica del píxel de imagen (x,y) que pertenece al área de datos bidimensionales B_n .

En el caso más sencillo como posición del vehículo acuático en el área de datos bidimensionales B_n respectivo se

toma el centro de gravedad averiguado. Esto puede llevar, según la experiencia de los inventores a inexactitudes de posición, de modo que debe corregirse la posición averiguada de tal modo para alcanzar una exactitud de posición mejorada.

5 Ventajosamente, en función del contorno averiguado del área de datos bidimensionales B_n respectiva se realiza una corrección de la posición de un vehículo acuático determinada inicialmente como centro de gravedad con una primera exactitud hasta una posición con exactitud mejorada, al desplazar la posición determinada inicialmente a lo largo de la dirección de navegación del vehículo acuático determinado en las siguientes etapas al segmento de contorno más próximo del área de datos bidimensionales B_n respectiva.

10 En una quinta etapa se realiza una averiguación de una orientación geométrica del patrón de franjas reproducido en los datos de cada área de datos bidimensionales B_i , preferentemente con respecto a un eje de imagen de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$. En una sexta etapa, para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n dependiendo de la orientación averiguada del patrón de franjas y de la forma averiguada del contorno del área de datos bidimensionales B_n respectiva se realiza una averiguación de la dirección de navegación del vehículo acuático respectivo.

15 El procedimiento propuesto permite en particular la averiguación de la posición y de la dirección de navegación de barcos pequeños o embarcaciones pequeñas basándose en datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, sin que estos barcos o embarcaciones mismos generen una firma en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$.

20 Un perfeccionamiento del procedimiento se caracteriza por que la segmentación en la segunda etapa se realiza mediante un algoritmo de detección de patrón, que detecta el patrón de franjas en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$.

25 Un perfeccionamiento alternativo a este se caracteriza por que la segmentación en la segunda etapa comprende las etapas siguientes.

30 En una etapa se realiza una averiguación de espectros de potencia L_i para cada número $N1$ de primeras áreas de datos bidimensionales $B1_i$ en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, con $i = 1, \dots, N1$. En un perfeccionamiento preferido del procedimiento el número $N1$ de las primeras áreas de datos bidimensionales $B1_i$ es igual a un número total de píxeles de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, de modo que para cada píxel (x_i, y_i) de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ se averigua un espectro de potencia $L_i = L(x_i, y_i)$.
 35 En una configuración del procedimiento las primeras áreas de datos bidimensionales $B1_i = B1(x_i, y_i)$ comprenden datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ con una relación de vecindad predeterminada con el píxel (x_i, y_i) . Así, un área de datos bidimensionales $B1_i = B1(x_i, y_i)$ asociada a un píxel (x_i, y_i) puede comprender por ejemplo el píxel vecino directo, y/o el píxel vecino subsiguiente etc. Además a través de las relaciones de vecindad predeterminada también todos los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ pueden asociarse al área de datos bidimensionales $B1_i = B1(x_i, y_i)$, que cumplen una relación dependiente del píxel de referencia (x_i, y_i) , por ejemplo su "distancia" del píxel de referencia sea menor que un valor límite predeterminado.

40 En una etapa adicional se realiza una averiguación de una amplitud máxima A_{max_i} por cada espectro de potencia averiguado L_i . Con ello para cada área de datos bidimensionales $B1_i = B1(x_i, y_i)$ se presenta un espectro de potencia averiguado. Para ello el experto en la materia conoce procedimientos para averiguar un espectro de potencia a partir de datos de interferograma, de modo que no son necesarias realizaciones adicionales sobre esto.

45 En una etapa adicional se realiza la segmentación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo aquellos datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que están asociados a primeras áreas de datos bidimensionales $B1_k$, para las que las amplitudes máximas A_{max_i} averiguadas de los espectros de potencia L_i son en cada caso mayores que un valor umbral $G1$ predeterminado, con $k = 1, \dots, N2$. Para $N2$ se cumple: $N2 \leq N1$, en donde $N2$ normalmente es mucho menor que $N1$.

50 En una etapa adicional en los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ se realiza una averiguación de áreas de datos bidimensionales B_n con $n = 1, 2, 3$ coherentes, Por la expresión "área de datos coherentes" se entiende a este respecto en la presente memoria un área de datos con píxeles de datos (x,y) colindantes en cada caso, o dicho de otro modo, un área de datos en la que no sea posible dividirla en cantidades de datos parciales disyuntos, no vacíos, abiertos. Después de esta etapa el procedimiento continúa con la tercera etapa descrita anteriormente.

55 En un perfeccionamiento ventajoso la posición averiguada en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ del vehículo acuático se transforma en un sistema de coordenadas de lugar absoluto (por ejemplo coordenadas terrestres, coordenadas GPS etc.) y se emite junto con la dirección de navegación del vehículo acuático.

60 Un perfeccionamiento del procedimiento se caracteriza por que la averiguación de las amplitudes máximas A_{max_i}

comprende un filtro de mediana de los espectros de potencia L_i para generar espectros de potencia L_i' locales filtrados. Además preferentemente las amplitudes máximas A_{max_i} se averiguan en cada caso para un espectro de diferencia de espectro de potencia L_i local y espectro de potencia L_i' local filtrado.

- 5 Un perfeccionamiento del procedimiento se caracteriza por que el valor umbral $G1$ se determina de manera adaptativa dependiendo de las amplitudes máximas A_{max_i} averiguadas y/o el valor umbral $G1$ se averigua como suma de valor medio y desviación estándar de todas las amplitudes máximas A_{max_i} . Ambos llevan a una mejora de la calidad de datos de los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$.
- 10 Un perfeccionamiento del procedimiento se caracteriza por que los datos de interferometría radar se graban con un radar-interferómetro, situándose una diferencia de tiempo de dos tomas de radar consecutivas empleando un radar-interferómetro que funciona en la banda X en el intervalo de 0,01s a 0,2s, en particular de 0,02s a 0,05s o de 0,04 s a 0,1s.
- 15 Un perfeccionamiento del procedimiento se caracteriza por que los datos de interferometría radar se graban mediante uno o varios satélites radar, en particular una combinación de los satélites radar TerraSAR-X y TanDEM-X, o mediante un radar-interferómetro aeroportado. A este respecto se utiliza preferentemente una denominada interferometría radar de apertura sintética en ruta ("AlongTrack Interferometric Synthetic Aperture Radar").
- 20 El procedimiento propuesto es adecuado detectar los patrones de franjas (*Fringe-Pattern*) típicas generadas mediante la excitación de superficies de agua de la embarcación en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ y registrar de este modo el vehículo acuático mediante su influencia de la superficie del agua. Cabe resaltar que el patrón de franjas detectado es una zona mayor, coherente y no de la así llamada estela de Kelvin, que se forma detrás de los barcos, que puede verse también con frecuencia en las imágenes de radar, en forma de V.
- 25 Una ventaja del procedimiento consiste en que también pueden detectarse barcos o embarcaciones más pequeñas, que incluso no necesariamente pueden reconocerse en la imagen SAR.
- 30 Una ventaja adicional del procedimiento consiste en que con la detección del patrón de fase generado mediante la excitación de la superficie del agua mediante la embarcación puede determinarse automáticamente la posición original del objeto en movimiento. Debido al movimiento de barco y del desplazamiento del espectro Doppler recibido la reproducción de la firma del barco propiamente dicha en la imagen de radar y en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ se realiza hasta varios km de distancia con respecto al lugar original del barco. Mediante este efecto denominado "*Train Off The Track*" (tren fuera de vía), los procedimientos que detectan los barcos en las imágenes de radar pueden indicar sin problemas la posición real exacta del barco.
- 35 Una ventaja adicional consiste en que además, a partir de la orientación y forma del patrón de franjas característico en las áreas de datos bidimensionales B_n puede deducirse la dirección de navegación del barco. Con los métodos existentes esto es posible solo si o el casco del barco es suficientemente grande, para determinar su orientación y si la firma del radar es suficientemente intensa, para estimar mediante análisis de señales las componentes de velocidad o si en la imagen de radar la estela de Kelvin es visible. Sin embargo varias o incluso ninguna de estas tres condiciones no se cumplen en muchos casos.
- 40 Se supone que los patrones de fases (*Fringe-Pattern*) se originan mediante excitación de la superficie del agua mediante la navegación de la embarcación. Esto está apoyado en las observaciones de que aparecen en el interferograma inicialmente en el lugar original del objeto, es decir, desplazado de la firma de la embarcación visible y en segundo lugar en su mayor parte detrás de las líneas (imaginarias) tangentes a la popa de la embarcación y que discurren hacia la dirección de navegación. En esta área la creación del patrón de fase mediante la firma de embarcación misma queda descartada, dado que esta está desplazada y puede encontrarse antes de esta línea. Si bien la desviación de la superficie del agua mediante las olas excitadas en zonas más alejadas de la embarcación es muy pequeña y por consiguiente no visible en la imagen SAR individual, sin embargo el movimiento puede comprobarse mediante la sensibilidad extremadamente alta del interferómetro.
- 45 Ventajosamente para el procedimiento se utilizan datos de radar de un interferómetro SAR en ruta con base muy grande y con ello una sensibilidad muy alta para los movimientos de la superficie del agua. Un sensor posible de este tipo es la formación del satélite alemán TerraSAR-X y el TanDEM-X. En este caso el segundo satélite gira alrededor del primero en una trayectoria helicoidal, por lo que resulta tanto una línea de base ortogonal (*across-track*) como una línea de base paralela (*along-track*). La primera permite una sensibilidad de medición a la topografía, la última una sensibilidad de medición a movimientos en el suelo y con ello su detección y medición. En el presente caso la detección se resuelve mediante:
- 60 el uso de un interferómetro SAR con una línea de base paralela muy larga y la sensibilidad extremadamente alta resultante de esta a movimientos en la dirección visual de radar. Por ello pueden medirse movimientos de la superficie del agua, provocados por las olas. La dinámica de la superficie del agua provocada por el movimiento de un vehículo acuático en un área mayor directamente hacia atrás y lateralmente hacia la dirección de navegación se hace visible en el fotograma ATI (= datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$) mediante un patrón de franjas (*fringe-pattern*) característico. Mediante la intensa excitación de la superficie del agua se forma en este caso al mismo tiempo
- 65

un área de coherencia más alta, mientras que la superficie del agua restante a consecuencia de la distancia en el tiempo relativamente grande de las dos tomas individuales y de la excitación a través del viento en el radar-interferograma está descorrelacionada generalmente.

5 El procedimiento propuesto utiliza los datos de radar interferométricos $INT1(x,y)$ para la detección de vehículos acuáticos en datos de interferometría de radar mediante patrones de fase inducidos a través de la excitación de la superficie del agua mediante la embarcación, por ejemplo, datos de radar de interferometría de línea de base paralela (ATI). Como dispositivo de medición se aplica una combinación de un interferómetro SAR de línea de base paralela de alta sensibilidad y un algoritmo de análisis de señales diseñado especialmente.

10 Las antenas del interferómetro deben estar separadas en la dirección de vuelo hasta que la diferencia de tiempo entre las tomas se sitúe en el orden de magnitud de por ejemplo 0,01s a 0,1s. Esto se da, por ejemplo en dos satélites, que vuelan el uno detrás del otro a una distancia de aproximadamente 300 m a 800 m con una velocidad de 7.600 m/s. En el caso de un SAR portado en un avión, que avanza, por ejemplo, con 100 m/s, la separación debe ser de 4 m a 10m.

15 En el caso de una distancia demasiado pequeña entre las antenas el interferómetro pierde sensibilidad de modo que la excitación de la superficie del agua ya no se reproduce con intensidad suficiente para detectarla.

Además la definición de la imagen de los datos de radar debe ser suficientemente alta, para que los patrones de franjas utilizados para la detección de embarcaciones se hayan barrido lo suficiente. La tasa de repetición típica de las líneas de un patrón de franjas de este tipo se sitúa en 1,75 por cada 100 m de área de imagen, lo que exige una definición de la imagen de mejor de 30 m. Como alternativa el área sobre el agua puede detectarse también con sistemas con línea de base ATI corta, evaluándose la coherencia entre los canales. De modo equivalente a los patrones de fase en el interferograma 2D puede verse en este caso detrás del vehículo acuático un área de elevada coherencia.

25 El objetivo de la invención además queda resuelto mediante un sistema informático, con un dispositivo de procesamiento de datos, en donde el dispositivo de procesamiento de datos está diseñado de tal modo que un procedimiento, como se ha descrito anteriormente, se realiza en el dispositivo de procesamiento de datos.

30 Adicionalmente, el objetivo de la invención se resuelve mediante un medio de almacenamiento digital con señales de control legibles electrónicamente, pudiendo interactuar las señales de control con un sistema informático programable de modo que se lleva a cabo un procedimiento, como se ha descrito anteriormente.

Además el objetivo de la invención se resuelve mediante un producto de programa informático con un código de programa almacenado en un soporte legible a la máquina para la realización del procedimiento, como se ha descrito anteriormente, cuando el código de programa se lleva a cabo en un dispositivo de procesamiento de datos.

40 Finalmente la invención se refiere a un programa informático con códigos de programa para la realización del procedimiento, como se ha descrito anteriormente, cuando el programa se ejecuta en un dispositivo de procesamiento de datos. Para ello el dispositivo de procesamiento de datos puede estar diseñado como un sistema informático discrecional conocido por el estado de la técnica.

45 Un aspecto del objetivo de acuerdo con el procedimiento se resuelve mediante un dispositivo para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua a partir de datos de interferometría radar, en los que están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos.

El dispositivo propuesto comprende de acuerdo con una forma de realización un medio para facilitar los datos de radar como datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$; un medio para la segmentación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo áreas de datos bidimensionales B_n de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que reproducen en cada caso un patrón de franjas coherente, denominado en inglés *fringe-pattern*, con $n = 1, 2, \dots$; un medio para averiguar un contorno para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n ; un medio para averiguar un centro de gravedad geométrico para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , averiguándose además para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n la posición de un vehículo acuático basándose en el centro de gravedad; un medio para averiguar una orientación geométrica del patrón de franjas reproducido en los datos de cada área de datos bidimensionales B_n ; y un medio para averiguar la dirección de navegación del vehículo acuático respectivo para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n dependiendo de la orientación averiguada del patrón de franjas y de la forma averiguada del contorno del área respectiva de datos bidimensionales B_n .

Otras ventajas, características y detalles resultan de la siguiente descripción, en la que dado el caso, está descrito detalladamente al menos un ejemplo de realización con referencia al dibujo. Las mismas partes, similares y/o con la misma función están provistas con las mismas referencias.

65 Muestran:

- Fig. 1 un desarrollo esquemático del procedimiento propuesto de acuerdo con una forma de realización,
- Fig. 2 una estructura esquemática de un dispositivo propuesto de acuerdo con una forma de realización,
- Fig. 3 una imagen de amplitud de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$
- 5 Fig. 4 un fotograma de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$
- Fig. 5 un fotograma con patrones de franjas de regiones de la superficie del agua excitadas por las embarcaciones,
- Fig. 6 una imagen con alturas pico relativas significativas en el espectro de potencia L_i local.
- Fig. 7 una superposición de un fotograma enmascarado y posiciones GPS de dos embarcaciones que navegan en la zona correspondiente en el momento de la grabación satelital,
- 10 Fig. 8 una máscara de segmentación correspondiente (tras el filtro morfológico y filtro de tamaño),
- Fig. 9 un contorno de los patrones de franjas, en donde se ha determinado en este caso automáticamente, si el patrón de franjas respectivo está asociado con una embarcación (blanca) que se aleja del radar sensor o con una embarcación (negra) que se mueve hacia este, y
- Fig. 10 un patrón de franjas de un área de datos bidimensionales B_n con centro de gravedad (punto 1) y posición de barco averiguada (punto 2).
- 15

Fig. 1 muestra un desarrollo esquemático del procedimiento propuesto para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua a partir de datos de interferometría radar, en los cuales están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos, en una forma de realización.

20

La grabación de los datos de radar interferométricos se realiza con una formación de sensor SAR con línea de base paralela efectiva de normalmente 150 a 400m para el caso de satélite, por ejemplo con la formación de radar satélite Tandem-X. Los datos de radar registrados se procesan a continuación mediante un procesador de interferometría SAR. Este desempeña las etapas habituales, necesarias para el cálculo de los datos de interferograma a partir de datos multicanal SAR, entre otros la focalización de imágenes, co-registro y finalmente, la formación de interferograma, es decir, la averiguación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$.

25

Para el procedimiento propuesto en una etapa 101 se realiza una facilitación de los datos de radar como datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$. En una etapa 102 se realiza una averiguación de espectros de potencia L_i para cada número $N1$ de primeras áreas de datos bidimensionales B_{1i} en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, con $i = 1, \dots, N1$. La averiguación de los espectros de potencia L_i locales se realiza en la presente memoria utilizando una ventana de análisis móvil. El tamaño de la ventana se determina empíricamente.

30

En una etapa 103 se realiza una averiguación de una amplitud máxima A_{max_i} por cada espectro de potencia averiguado L_i . El hallazgo del pico (amplitud máxima A_{max_i}) que más se diferencia del resto del espectro (de ruido), es decir, más significativo indica la presencia local de una frecuencia de franja individual (en lugar de ruido de banda ancha) tal como está asociada con el patrón de franja de una superficie de agua excitada por una embarcación. Para encontrar la amplitud máxima A_{max_i} se aplica la diferencia a partir de una versión alisada mediante filtro de mediana y su original, es decir, una altura de pico relativa. La amplitud máxima A_{max_i} averiguada del espectro local puede anotarse en un mapa de imagen del mismo tamaño que los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$. Debido a un ruido intenso el mapa de imagen de las alturas de pico relativas antes del procesamiento adicional puede alisarse con un filtro de caja de tamaño determinado empíricamente.

35

40

En una etapa 104 se realiza una segmentación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ o del mapa de imagen (véase arriba) para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo aquellos datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ o datos de mapa de imágenes, que están asociados a primeras áreas de datos bidimensionales B_{1k} , para las que las amplitudes máximas A_{max_i} averiguadas de los espectros de potencia L_i son en cada caso mayores que un valor umbral $G1$ predeterminado, con $k = 1, \dots, N2$. Los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ comprenden por consiguiente aquellos datos de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que presentan patrones de datos, es decir, una coherencia de fase alta. El valor umbral $G1$ se determina ventajosamente como suma de estimaciones robustas de valor medio y desviación estándar (ajustada a escala empíricamente) de las amplitudes de todos los espectros de potencia L_i averiguados.

45

50

55

En una etapa 105 se realiza ein averiguación de áreas de datos bidimensionales B_n coherentes con $n = 1, 2, 3, \dots$ en los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$. Para mejorar la calidad de datos se aplican a continuación filtros de procesamiento de imagen morfológicos, por ejemplo erosión/dilación sobre los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ para obtener áreas detectadas consistentes. Además ventajosamente las áreas más pequeñas (por ejemplo áreas de datos con un número total de píxeles que es menor que un valor umbral predeterminado), asociadas con "falsas alarmas" de los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ se ocultan.

60

En una etapa 106 se realiza una averiguación de un contorno para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n . Con ello la forma geométrica del área respectiva de las dos áreas de datos bidimensionales B_n se conoce explícitamente.

65

- En una etapa 108 se realiza una averiguación de un centro de gravedad geométrico para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , determinándose además la posición de un vehículo acuático en las áreas de datos bidimensionales B_n basándose en el centro de gravedad averiguado en cada caso. Por ejemplo la determinación de la posición de un vehículo acuático se realiza inicialmente mediante averiguación del centro de gravedad de un área de datos bidimensionales B_n con una corrección siguiente de la posición de centro de gravedad mediante el desplazamiento de la posición de centro de gravedad a lo largo de la dirección de navegación determinada a continuación hacia el segmento de contorno más cercano del área de datos bidimensionales B_n .
- En una etapa 109 se realiza una averiguación de una orientación geométrica de un patrón de franja reproducido en datos de cada área de datos bidimensionales B_n , en inglés denominado "Fringe-Pattern", (es decir, concretamente la orientación de las franjas se subordina aproximadamente a su paralelismo) con respecto a un eje de imagen de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$.
- En una etapa 110 para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n dependiendo de su orientación averiguada en cada caso del patrón de franjas, y del contorno del área respectiva de datos bidimensionales B_n se realiza una averiguación de la dirección de navegación del vehículo acuático respectiva con respecto al sistema de coordenadas de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$.
- La averiguación de la dirección de navegación se realiza mediante análisis de la forma de contorno detectada y la orientación del patrón de franja situado en ella. A este respecto se toma como base que la forma de las áreas de datos bidimensionales B_n se estrecha en una dirección ortogonal a la dirección de navegación real del vehículo acuático en contra de la dirección de navegación. Esto ofrece información sobre si el vehículo acuático navega hacia el sensor o se aleja de este. Además se toma como base que la orientación del patrón de franjas de las áreas de datos bidimensionales B_n está asociada con la dirección de navegación del vehículo acuático y por tanto permite una averiguación de un ángulo de dirección de navegación. Para estimar la dirección de navegación absoluta esta información se combina con la información averiguada previamente relativa a la dirección de navegación en el último punto secundario mencionado.
- Fig. 2 muestra una estructura esquemática de un dispositivo propuesto para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua a partir de datos de interferometría radar, en los cuales están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos, de acuerdo con una forma de realización. El dispositivo comprende un medio 201 para facilitar los datos de radar como datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, un medio 202 para averiguar espectros de potencia L_i para cada número $N1$ de primeras áreas de datos bidimensionales $B1_i$ en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, con $i = 1, \dots, N1$, un medio 203 para averiguar una amplitud máxima $Amax_i$ por cada espectro de potencia averiguado L_i , un medio 204 para la segmentación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo aquellos datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que están asociados a primeras áreas de datos bidimensionales $B1_k$, para las que las amplitudes máximas $Amax_i$ averiguadas de los espectros de potencia L_i son en cada caso mayores que un valor umbral $G1$ predeterminado, con $k = 1, \dots, N2$, un medio 205 para averiguar áreas de datos bidimensionales B_n coherentes con $n = 1, 2, 3$, en los datos de interferograma bidimensionales $INT2(x,y)$ segmentados, un medio 206 para averiguar un contorno para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , un medio 208 para averiguar un centro de gravedad geométrico para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , averiguándose además para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n la posición de un vehículo acuático basándose en el centro de gravedad; un medio 209 para averiguar una orientación del patrón de franja reproducido en datos de cada área de datos bidimensionales B_n , en inglés denominado "Fringe-Pattern", y un medio 210, con el que para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , dependiendo de su orientación del patrón de franjas y del contorno del área respectiva de datos bidimensionales B_n se averigua la dirección de navegación del vehículo acuático respectivo.
- El número de referencia 211 señale el radar-sensor, con el que se registran los datos de interferometría radar. Los datos de interferometría radar registrados se procesan previamente mediante un procesador de interferometría 212. El procesador de interferometría 212 está conectado con el primer medio 201. El número de referencia 213 señala un procesador de detección de barcos, que comprende los medios 201 a 210.
- Un ejemplo de medición de los datos averiguados por un radar-sensor 211 y procesados con el procesador de interferometría 212 para formar datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ se muestra en la Fig. 3 a Fig. 10.
- Fig. 3 muestra una imagen de amplitud de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ y Fig. 4 muestra un fotograma de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ en cada caso de un fragmento de escena con 1000×1200 píxeles de la superficie de océano con los patrones, que se ha originado mediante dos lanchas rápidas. En la Fig. 4 están representados adicionalmente espectros de potencia válidos para las zonas indicadas A y B.
- En un experimento para ello esto se grabaron dos lanchas rápidas, que se desplazan con 58 km/h o 42 km/h en dirección aproximadamente diagonal alejándose del sensor, la formación de satélite TanDEMx. De las grabaciones

del primer y segundo canal de recepción se formaron datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que se muestran en la Fig. 4 por fragmentos para la zona de las posiciones de embarcación. En el presente documento llaman la atención esencialmente dos áreas de imagen con patrón de fase regular. Las posiciones se corresponden con las dos áreas mayores más claras (en cada caso marcadas con una elipse blanca) en la imagen de amplitud (Fig. 3).
 5 Estos patrones de fase a los que van a atribuirse la excitación de la superficie del agua mediante la embarcación se detectan adicionalmente y se analizan posteriormente mediante el procedimiento propuesto.

La detección de los patrones de fase (patrones de franja) se basa en este ejemplo en la estimación local del espectro de potencia L_i en un entorno limitado de cada píxel de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ y en el hallazgo de picos (A_{max_i}), espectrales significativos asociados con los patrones de franjas (segundas áreas de datos bidimensionales B_{2n}), como se muestra en la Fig. 4. El área de ejemplo A (en la Fig.4 marcada por un cuadrado blanco) contiene una superficie del agua sin influir por los objetos en movimiento y no muestra por tanto ningún patrón de franjas y por consiguiente tampoco ningún pico (A_{max_i}) que se diferencie significativamente de espectro de interferograma local. El área de ejemplo B en la Fig.4 (marcada por un cuadrado blanco) contiene la superficie del agua influida por la navegación de una lancha rápida y muestra un patrón de franjas (de las segundas áreas de datos bidimensionales B_{2n}) y por tanto también un pico significativo (A_{max_i}) en el espectro de interferograma local.

Para las dos áreas A y B se calculó en cada caso un espectro de potencia asociado y en la Fig. 4 se representó como gráfica. El espectro de patrones de fase B, que está asociado con la excitación de la superficie del agua mediante una de las embarcaciones, muestra un pico claro. El área A a modo de ejemplo, que no está influida por estas ondas, no muestra ningún pico marcado de este modo. La dirección visual del radar-sensor en las figuras es de izquierda a derecha, la dirección de vuelo de abajo hacia arriba.

Las Fig. 5 a Fig. 10 muestran para ilustrar el modo de funcionamiento del procedimiento propuesto algunos resultados intermedios basándose en los datos iniciales de Fig. 3 o Fig. 4.

Fig. 5 muestra una imagen de la fase de interferograma con patrones de franjas de regiones de la superficie del agua excitadas por la navegación de las embarcaciones. Fig. 6 muestra la imagen correspondiente con alturas de pico relativas más significativas en el espectro de potencia local. Fig. 8 muestra una máscara de segmentación correspondiente (según el filtro y filtro de tamaño morfológico). Fig. 7 muestra una superposición de fotograma enmascarado y posiciones GPS de dos lanchas rápidas que navegan en el momento de la grabación satelital en la zona correspondiente.

En la Fig. 6 los patrones de franjas, que pueden verse en el fotograma (Fig.5), pueden diferenciarse claramente del resto de las áreas. Mediante la aplicación de un valor umbral $G1$ y los operadores de procesamiento de imágenes mencionados en este mapa de imagen los patrones de franja (de segundas áreas de datos bidimensionales B_{2n}) en la presente memoria se codifican como regiones en una máscara binaria (vgl. Fig. 8). En el fotograma (Fig. 7) enmascarado se reproducen informaciones sobre dos lanchas rápidas situadas en esta área. Las flechas blancas indican a este respecto las posiciones reales medidas mediante GPS y direcciones de navegación reales de las embarcaciones en el momento de la grabación satelital. Los cuadrados blancos muestran las posiciones, en las que se han desplazado las firmas de embarcación a consecuencia del desplazamiento Doppler y el procesamiento SAR. No pueden verse, o solo con mucha dificultad tanto en la imagen SAR como en el interferograma.

La orientación de las franjas, es decir, del patrón de franjas, en las segundas áreas de datos bidimensionales B_{2n} está correlacionada con la dirección de navegación de las embarcaciones y es adecuada por tanto para la determinación de la misma. No obstante esta información no es suficiente, dado que con ello solo puede determinarse la orientación angular, aunque no si una embarcación (a lo largo de esta orientación) se mueve hacia adelante o hacia atrás. En el procedimiento propuesto se usa para ello la forma (contorno) de los patrones de franjas, o de las regiones marcadas asociadas con ellas en la máscara de detección. La extensión de los patrones de franjas en la dimensión de dirección de vuelo (radar sensor) disminuye tendencialmente de manera opuesta a la dirección de navegación de la embarcación. La dirección, en la que esta disminución discurre, se determina en el procedimiento mediante un análisis de la distribución espacial de todos los puntos de una segunda área de datos bidimensionales B_{2n} . El resultado es la información, sobre si la embarcación se ha movido alejándose del radar-sensor o hacia él

Para la escena de ejemplos esto está representado en la Fig. 9. Muestra el contorno de los patrones de franjas, habiéndose determinado en este caso automáticamente a través del algoritmo anteriormente descrito, si el patrón de franjas respectivo está asociado con una embarcación (blanca) que se aleja del radar sensor o con una embarcación que se mueve hacia este (negro).

Para la comparación cabe remitirse de nuevo a la Fig. 7, en la que las fases de interferograma enmascarado están representadas con las posiciones GPS de las dos lanchas rápidas en el momento de la grabación. Los patrones detectados asociados con las dos embarcaciones (triángulos) en la Fig. 7 están señalados en la Fig. 9 con el color blanco, indican por tanto una dirección de navegación hacia la derecha.

La Fig. 10 muestra un patrón de franjas de un área de datos bidimensionales B_n con un centro de gravedad averiguado del área de datos bidimensionales B_n (punto 1) y de la posición de barco averiguada a partir de esto (punto 2) mediante

el desplazamiento de la posición de centro de gravedad a lo largo de la dirección de navegación determinada hacia el segmento de contorno más cercano del área respectiva de datos bidimensionales B_n .

5 Aunque la invención se ha ilustrado y explicado con detalle mediante ejemplo de realización preferidos, de este modo la invención no está limitada mediante los ejemplos divulgados y el experto en la materia puede deducir a partir de ellos otras variaciones, sin abandonar el alcance de protección de la invención. Por lo tanto queda claro que existe una pluralidad de posibilidades de variación. Igualmente queda claro que las formas de realización mencionadas a modo de ejemplo representan realmente solo ejemplos, que no han de entenderse de ningún modo como limitación por ejemplo del ámbito de protección, de las posibilidades de aplicación o de la configuración de la invención. Más bien la descripción anterior y la descripción de figuras ponen al experto en la materia en condiciones de implementar concretamente las formas de realización a modo de ejemplo, pudiendo llevar a cabo el experto en la materia, con conocimiento de la idea de la invención divulgada, numerosas modificaciones por ejemplo en cuanto a la función o la disposición de elementos individuales, mencionados en una forma de realización a modo de ejemplo, sin abandonar el alcance de protección, que se define mediante las reivindicaciones.

10

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua a partir de datos de interferometría radar, en los cuales están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos, que comprende las siguientes etapas:
 - a. facilitar (101) los datos de radar como datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$;
 - b. segmentación (104) de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo aquellas áreas de datos bidimensionales B_n de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que reproducen en cada caso un patrón de franjas coherente, denominado en inglés *fringe-pattern*, con $n = 1, 2, \dots$;
 - c. averiguación (106) de un contorno para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n ;
 - d. averiguación (108) de un centro de gravedad para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , averiguándose además para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n la posición de un vehículo acuático basándose en el centro de gravedad;
 - e. averiguación (109) de una orientación geométrica del patrón de franjas reproducido en los datos de cada área de datos bidimensionales B_n ; y
 - f. para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , dependiendo de la orientación averiguada del patrón de franjas y del contorno averiguado del área de datos bidimensionales B_n respectiva, averiguación (110) de la dirección de navegación del vehículo acuático respectivo.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segmentación se realiza en la etapa b. mediante un algoritmo de detección de patrón, que detecta el patrón de franjas en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segmentación en la etapa b. comprende las siguientes etapas:
 - g. averiguación (102) de espectros de potencia L_i para cada número $N1$ de primeras áreas de datos bidimensionales B_{1i} en los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, con $i = 1, \dots, N1$,
 - h. averiguación (103) de una amplitud máxima A_{max_i} por cada espectro de potencia averiguado L_i ,
 - i. segmentación (104a) de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo aquellos datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que están asociados a primeras áreas de datos bidimensionales B_{1k} , para las que las amplitudes máximas A_{max_k} averiguadas de los espectros de potencia L_i son en cada caso mayores que un valor umbral $G1$ predeterminado, con $k = 1, \dots, N2$, y
 - j. en los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ averiguación (105) de áreas de datos bidimensionales coherentes B_n con $n = 1, 2, 3, \dots$;

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el número N de las primeras áreas de datos bidimensionales B_{1i} es igual a un número total de píxeles de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, de modo que para cada píxel (x_i,y_i) de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ se averigua un espectro de potencia $L_i = L(x_i,y_i)$.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que las primeras áreas de datos bidimensionales $B_{1i} = B1(x_i,y_i)$ comprenden solo datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que comprenden una relación de vecindad predeterminada con respecto al píxel de referencia (x_i,y_i) respectivo.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la averiguación de las amplitudes máximas A_{max_i} comprende un filtro de mediana de los espectros de potencia L_i para generar espectros de potencia L'_i locales filtrados, y las amplitudes máximas A_{max_i} se averiguan en cada caso para un espectro de diferencia de espectro de potencia local L_i y espectro de potencia local filtrado L'_i .

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el valor umbral $G1$ se determina de modo adaptativo dependiendo de las amplitudes máximas A_{max_i} averiguadas, o en el que el valor umbral $G1$ se determina como suma de valor medio y desviación estándar de todas las amplitudes máximas A_{max_i} .

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 7, en el que tras la etapa b. se excluyen todas aquellas áreas de datos bidimensionales B_n , cuyo tamaño de área sea inferior a un valor límite predeterminado $G2$.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los datos de interferometría radar se graban mediante uno o varios satélites radar, en particular una combinación de los satélites radar TerraSARX y TanDEM-X, o mediante un radar-interferómetro aeroportado.

- 5 10. Dispositivo para averiguar una posición y una dirección de navegación en cada caso para uno o varios vehículos acuáticos que navegan en el agua a partir de datos de interferometría radar, en los cuales están reproducidos los vehículos acuáticos y las superficies de agua que rodean los vehículos acuáticos, y para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, el cual comprende:
- 10 a. un medio (201) configurado para facilitar los datos de radar como datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$;
- b. un medio (204) configurado para la segmentación de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$ para averiguar datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$, comprendiendo los datos de interferograma bidimensionales segmentados $INT2(x,y)$ solo áreas de datos bidimensionales B_n de los datos de
- 15 interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$, que reproducen en cada caso un patrón de franjas coherente, denominado en inglés *fringe-pattern*, con $n = 1, 2, \dots$;
- c. un medio (206) configurado para averiguar un contorno para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n ;
- d. un medio (2086) configurado para averiguar un centro de gravedad para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n , averiguándose además para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n la posición de un vehículo acuático basándose en el centro de gravedad;
- 20 e. un medio (209) configurado para averiguar una orientación geométrica del patrón de franjas reproducido en los datos de cada área de datos bidimensionales B_i con respecto a un eje de imagen de los datos de interferograma bidimensionales $INT1(x,y)$; y
- 25 f. un medio (210) configurado para averiguar la dirección de navegación del vehículo acuático respectivo para cada una de las áreas de datos bidimensionales B_n dependiendo de la orientación averiguada del patrón de franjas y de la forma averiguada del contorno del área respectiva de datos bidimensionales B_n .

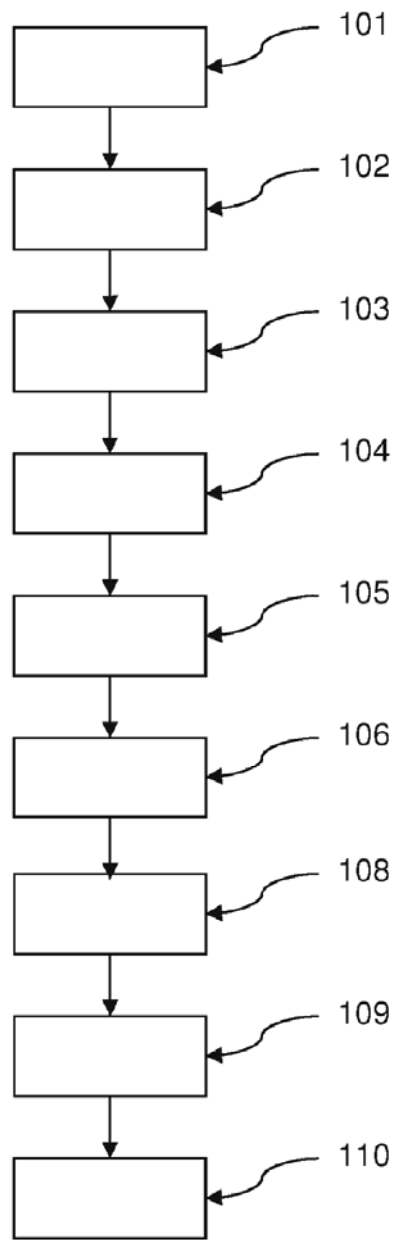


Fig. 1

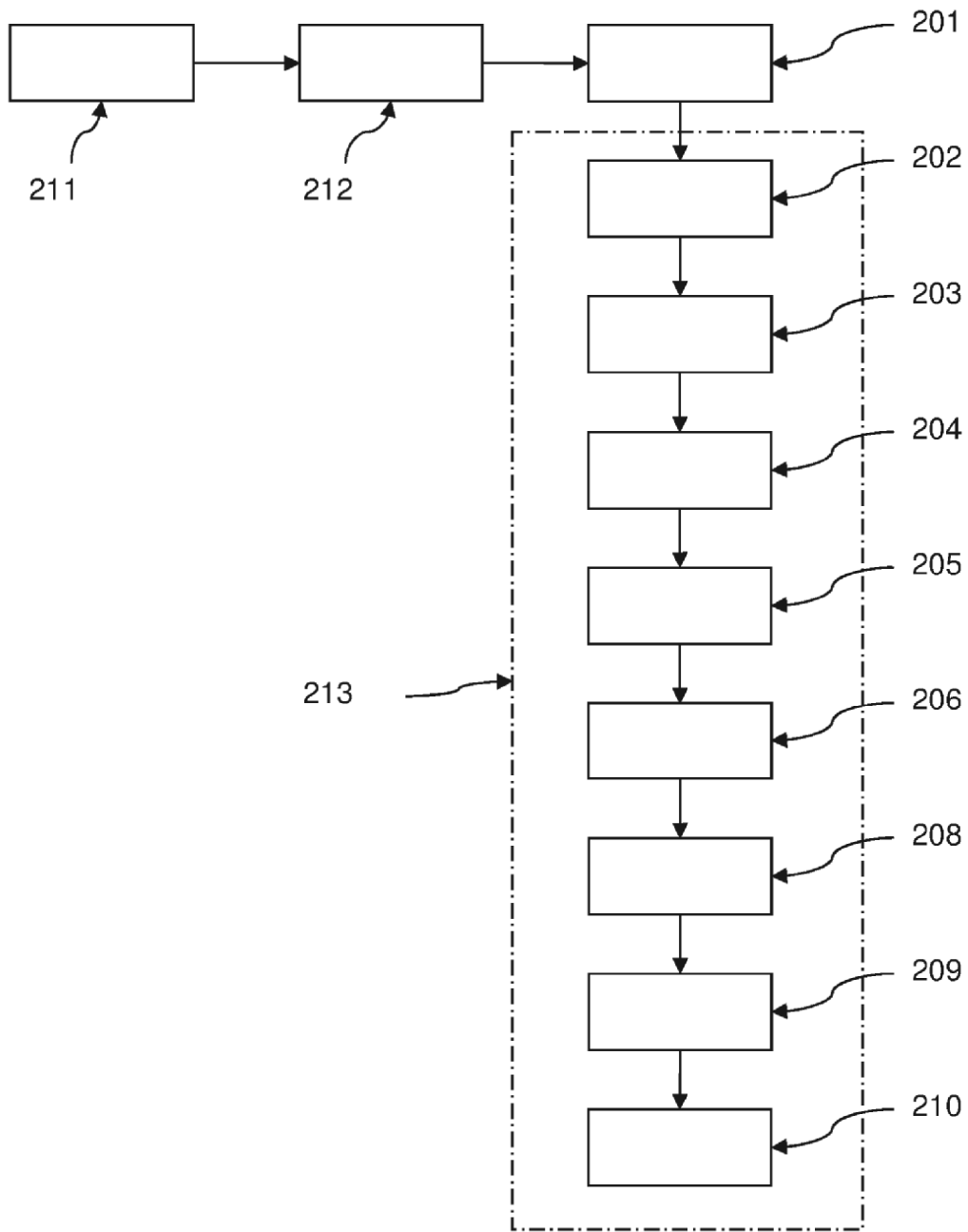


Fig. 2

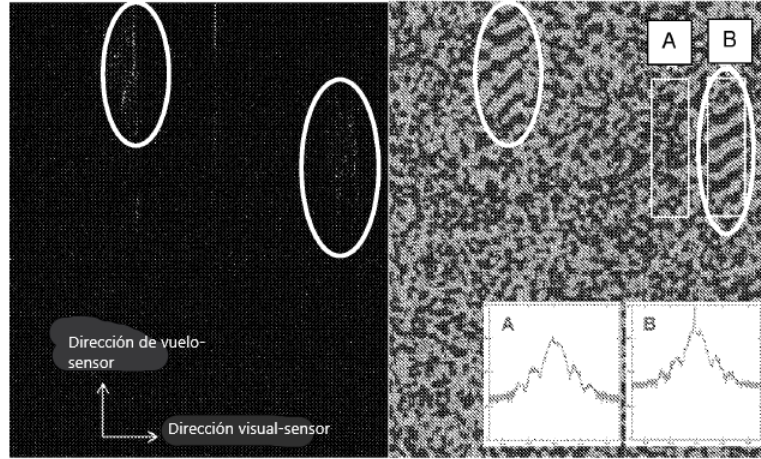


FIG. 3

Fig. 4

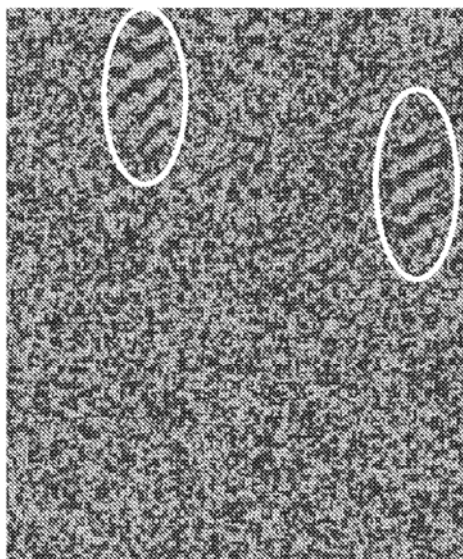


Fig. 5

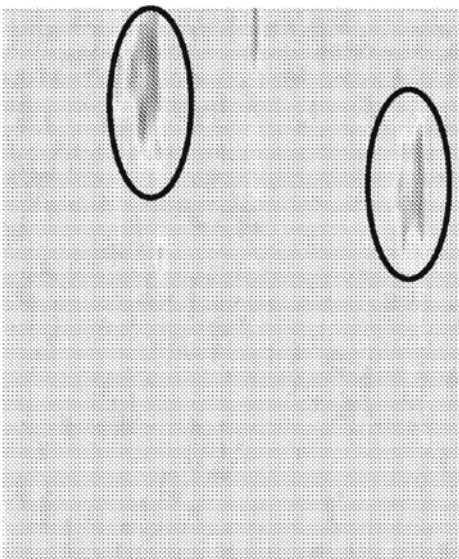


Fig. 6

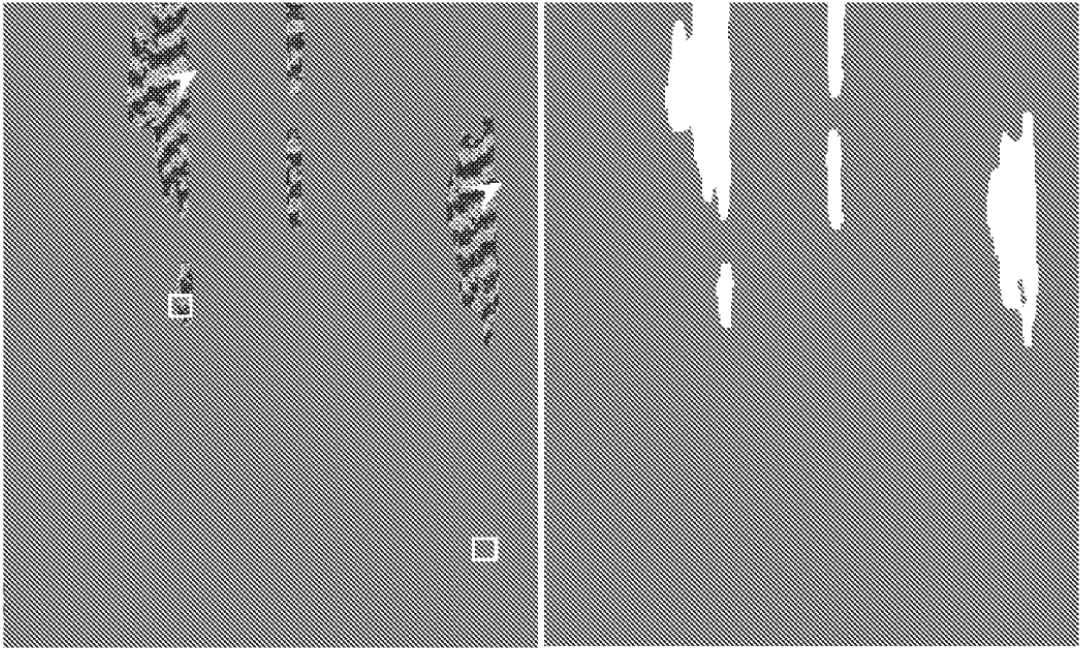


Fig. 7

Fig. 8

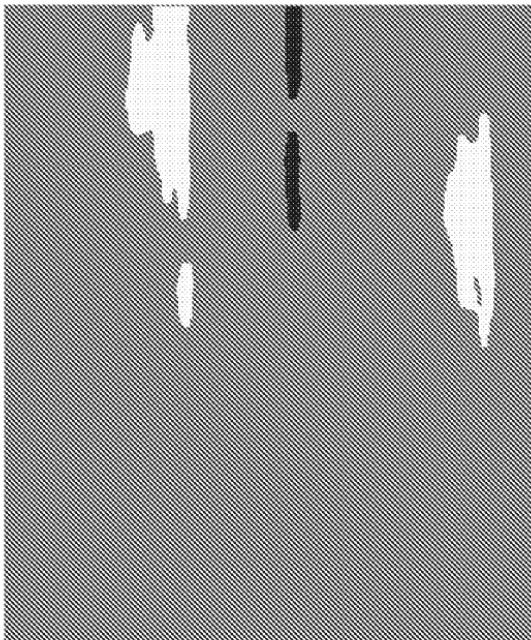


Fig. 9

① Posición 1. Exactitud (centro de gravedad)

② Posición con exactitud mejorada



Fig. 10