

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 950 028**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/72**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.11.2012** **PCT/EP2012/074049**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2013** **WO13083483**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2012** **E 12791800 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023** **EP 2788789**

54 Título: **Procedimiento para determinar el punto de impacto de un proyectil disparado sobre un blanco por encima de la superficie del mar, y sistema de radar que aplica dicho procedimiento**

30 Prioridad:

**08.12.2011 EP 11192625**

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

**04.10.2023**

73 Titular/es:

**THALES NEDERLAND B.V. (100.0%)**  
**Zuidelijke Havenweg 40**  
**7550 GD Hengelo, NL**

72 Inventor/es:

**VAN OMMEREN, MARINUS JOSEPHUS**  
**SERVATIUS**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 950 028 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para determinar el punto de impacto de un proyectil disparado sobre un blanco por encima de la superficie del mar, y sistema de radar que aplica dicho procedimiento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar el punto de impacto de un proyectil disparado sobre un objeto por encima de la superficie del mar, y a un sistema de radar que aplica dicho procedimiento. Por ejemplo, la invención es particularmente aplicable a la localización predictiva del punto de salpicadura y al cálculo de la desviación sobre el objetivo.

10 La localización del impacto de un proyectil disparado sobre un blanco que evoluciona por encima de la superficie del mar, típicamente un blanco flotante, no siempre puede ser medida de forma directa. Este puede ser notoriamente el caso cuando se utiliza munición de pruebas o cuando el impacto queda enmascarado por ecos de un blanco de mayor tamaño o por interferencias en el radar marino. En estos casos, debe llevarse a cabo una predicción de la posición de impacto del proyectil como se divulga, por ejemplo, en los documentos US 5 140 329, WO 01/94871 y US 4008869 A. Esto requiere la monitorización de la trayectoria del proyectil. Sin embargo, a baja altura, estas mediciones de la trayectoria resultan altamente imprecisas, como resultado del efecto multitrayecto, debido al reflejo de las ondas electromagnéticas sobre la superficie del mar. Por tanto, la trayectoria del proyectil puede solo ser monitorizada dentro de un espacio designado como "zona libre de multitrayectos", en la que los efectos multitrayecto pueden ser razonablemente desdenados. En el exterior de la zona libre de multitrayectos, se lleva a cabo una predicción de la trayectoria del proyectil. La monitorización de la trayectoria del proyectil dentro de la zona libre de multitrayectos requiere la utilización de un sistema de radar que comprenda una antena cuyo haz apunte esencialmente hacia la zona libre de multitrayectos, por tanto no apunta hacia el blanco de superficie. Un inconveniente resultante estriba en el hecho de que un sistema de radar debe comprender al menos un primer haz de antena que apunte directamente sobre el blanco y que permita el seguimiento del blanco, y un segundo haz de antena, separado del primero, y que se utilice para monitorizar la trayectoria del proyectil. Otro inconveniente estriba en una limitación cuando se dispara sobre blancos de corto alcance: en estos casos, la trayectoria del proyectil es esencialmente similar a una línea recta, y algunas veces puede que ni siquiera entre en la zona libre de multitrayectos.

25 Por ejemplo, en una tentativa de medición de la trayectoria de un proyectil en un área que no esté perturbada ni por el efecto multitrayecto ni por otros ecos no deseados, un procedimiento se describe en la patente US 6,037,896, el cual divulga un procedimiento para determinar un punto de impacto de un proyectil con respecto a un blanco mediante el uso de un haz separado para medir la trayectoria del proyectil. De acuerdo con este procedimiento, un primer haz apunta hacia una dirección separada por encima del área perturbada y por encima del blanco de superficie, mientras que el blanco de superficie es monitorizado por un segundo haz.

Un inconveniente importante de este procedimiento estriba en el hecho de que, debido a que el haz de antena suplementario apunta hacia una dirección separada distinta del blanco de superficie que está siendo objeto de seguimiento, el blanco de superficie ya no puede ser detectado en el centro.

35 La presente invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 7. Otras formas de realización se desarrollan en las reivindicaciones dependientes 2 a 6 y en las reivindicaciones dependientes 8 a 12.

40 En consecuencia, una ventaja que ofrece la presente invención en cualquiera de sus aspectos es que permite una medición del impacto del proyectil sin perder la visión por radar y electroóptica sobre el blanco de superficie. Además permite la medición de proyectiles a distancias próximas al blanco de superficie. Así mismo, es adecuada para trayectorias de proyectiles rectas, de baja altitud.

Otra ventaja adicional de la presente invención estriba en el hecho de que el procedimiento y el sistema propuestos no requieren mediciones de elevación, las cuales pueden no ser resultar fiables en situaciones de elevación baja.

45 Estas y otras características y ventajas de la invención resultarán más evidentes a la vista de la descripción detallada ofrecida en las líneas que siguen de una forma de realización preferente, ofrecida únicamente a modo de ejemplo ilustrativo y no limitativo, así como de los dibujos que se acompañan.

- Las Figuras 1a y 1b ilustran esquemáticamente una forma de realización ejemplar de la invención;
- la Figura 2 ilustra una trayectoria de proyectil ejemplar representada en un plano de alcance Doppler.

50 Las Figuras 1a y 1b ilustran de forma esquemática un portador 10, en el ejemplo ilustrado una embarcación, sobre el que está montada una antena de radar 11, la cual está efectuando un seguimiento de un blanco 15, situado justo por encima del nivel del mar en el ejemplo ilustrado. La antena de radar 11 emite señales electromagnéticas, y presenta un lóbulo principal 111 que forma un haz de antena dedicado, representado en la Figura 1a mediante una línea de puntos curvada, apuntando esencialmente el haz de antena hacia el blanco 15. La antena de radar 11 también presenta lóbulos secundarios, dos lóbulos secundarios 113 y 115 representados en la Figura 1a, también mediante líneas de puntos curvadas. El portador 10 también soporta un arma de fuego 13 que dispara proyectiles. Una trayectoria de proyectil ejemplar 131 se representa en las Figuras 1a y 1b mediante una línea curvada.

De acuerdo con la presente invención, se propone que la antena de radar 11 por medio de dicho haz de antena dedicado, típicamente utilizado para el seguimiento de blancos, sea también utilizada para el seguimiento de los proyectiles disparados. La antena de radar 11 puede, por ejemplo, formar parte de un sistema de radar monopolso. El seguimiento del blanco con un radar monopolso típicamente se lleva a cabo por medio de un bucle de control que mantiene el haz de antena de radar apuntando en la dirección del blanco como se muestra en las Figuras 1a y 1b. El blanco puede entonces ser monitorizado, por ejemplo, por medio de una cámara de video montada en paralelo con la antena de radar. En un radar de seguimiento del blanco, el azimut y el rumbo del blanco pueden ser medidos por medio de los canales de recepción monopolso. La velocidad y la aceleración del blanco se pueden determinar en base al alcance del radar y a las mediciones del ángulo en función del tiempo. De acuerdo con un aspecto específico de la presente invención, no se necesitan mediciones de la altura.

Cuando el arma de fuego 13 está disparando proyectiles para alcanzar el blanco 15, los proyectiles pueden verse a partir de las mediciones de radar, dado que su trayectoria 131 puede entonces estar atravesando el haz de antena de radar apuntando al blanco y a los lóbulos secundarios, como se ilustra en la Figura 1b, la cual es una ampliación de la Figura 1a, en las inmediaciones del blanco 15.

La presente invención propone la predicción del punto de impacto de los proyectiles al nivel de la superficie del mar, en base al seguimiento de los proyectiles más que directamente determinando el punto de impacto propiamente dicho. A los fines de la detección y seguimiento del proyectil separado del blanco, la presente invención propone recurrir al filtrado Doppler.

Como la teoría desvela, la velocidad relativa radial de un blanco con respecto a un observador desplaza la frecuencia del pulso transmitida a otra frecuencia recibida por el observador. Este desplazamiento Doppler es una función conocida de la frecuencia transmitida de la velocidad relativa radial entre el observador y el blanco. Este desplazamiento de frecuencia, denominada frecuencia Doppler, puede estimarse utilizando el filtrado Doppler, y la velocidad radial relativa desde el blanco con respecto al radar puede ser derivada a partir de esta frecuencia Doppler utilizando la función mencionada. Cuando el filtrado Doppler se lleva a cabo para un número sucesivo de alcances, puede acumularse un denominado Alcance Doppler. Este plano muestra para cada alcance el contenido del espectro Doppler. El filtrado Doppler puede, por ejemplo, ser utilizado en sistemas de radar conocidos para separar el blanco y los ecos por reflexión de ondas en base al filtrado Doppler. El filtrado Doppler en un número de transmisiones de radar sucesivas, conocidas como ráfagas de radar y pueden llevarse a cabo, por ejemplo, por medio de Transformadas Rápidas de Fourier, generalmente designadas por el acrónimo correspondiente "FFT".

Gracias al efecto Doppler, tanto el proyectil disparado como el blanco objeto de seguimiento 15 pueden ser detectados simultáneamente e incluso con el mismo alcance. De hecho, dado que el proyectil presenta una frecuencia Doppler diferente respecto del blanco de superficie 15 y respecto de los ecos por reflexión de ondas, el proyectil puede ser detectado de forma separada respecto del blanco 15 hasta que golpee en la superficie del mar o en el blanco 15. Las mediciones del proyectil se representan en la Figura 1b mediante puntos a lo largo de la trayectoria 131. El alcance y el rumbo de la última medición del proyectil proporcionan una indicación de la posición de impacto real.

De modo ventajoso, la precisión de la predicción de la posición de impacto puede mejorarse aún más. En efecto, la posición de la última detección del proyectil es probable que difiera ligeramente respecto de la posición de impacto real. El error del alcance puede básicamente depender de la frecuencia actualizada de las mediciones, sobre los lóbulos y sobre el ángulo de picado al final de la trayectoria del proyectil.

El error de alcance puede ser predicho para obtener una correcta estimación del punto de impacto del proyectil. Mediante la utilización de todas las mediciones del proyectil antes del impacto más bien que solo de la última medición, puede mejorarse la estimación del alcance y del rumbo del impacto.

En la presente memoria, las mediciones autorizadas por la única antena de radar 11 y por el haz de antena dedicada, producen la cinemática del proyectil a lo largo de la trayectoria 131, por ejemplo, su alcance, azimut y velocidad. La posición de impacto puede ser estimada con mayor precisión utilizando la cinemática estimada para su extrapolación a partir de la última posición del proyectil al nivel de la superficie del mar como se describe más detalladamente en las líneas que siguen. La estimación puede llevarse a cabo por medio de un filtro Kalman, un procedimiento de mínimos cuadrados o cualquier otro algoritmo apropiado. Merece destacarse que la forma de realización ejemplar de las Figuras 1a y 1b opera mediante el uso de una sola antena de radar 11, la cual está efectuando el seguimiento del blanco de superficie 15, resulte perturbado por el efecto multitrayecto o por los ecos procedentes de cualquier blanco de superficie mayor.

La Figura 2 ilustra una trayectoria de proyectil ejemplar representada en un plano de alcance Doppler 20.

Cuando el filtrado Doppler se aplica respecto de una pluralidad de alcances, se puede obtener un denominado "plano Alcance – Doppler" del cual la Figura 2 muestra un ejemplo. El plano de Alcance Doppler 20 muestra los ecos de radar dentro de un haz de radar en función del alcance, representado a lo largo del eje Y, y la velocidad Doppler representada a lo largo del eje X. Normalmente, el radar de seguimiento puede operar dentro de la banda I, esto es: alrededor de una frecuencia central de 9 GHz, entre 8 y 10 GHz, y el haz de antena puede presentar una anchura de 3 -dB de normalmente 2 grados de ángulo. Con dicha configuración ejemplar, el espectro Doppler resultante puede tener una

cobertura de velocidad ambigua de típicamente 100 m/s. El muestreo en términos de alcance depende del ancho de banda instantáneo del radar y normalmente es del orden de 50 metros por muestra de alcance.

El plano de Alcance – Doppler 20 ilustrado en la Figura 2 muestra una pluralidad de puntos correspondiente a un proyectil que sigue una trayectoria 231. El plano de Alcance – Doppler muestra también el eco 25 del blanco de superficie. La acumulación del plano de Alcance – Doppler es un proceso basado en ráfagas. Una ráfaga se compone de varias transmisiones de radar, las cuales pueden también determinarse como barridos o pulsos. Entonces, para todos los alcances, y para todos los pulsos de la ráfaga, se muestrea la señal de retorno. Para cada alcance, puede realizarse una FFT a lo largo de estas muestras de las señales de retorno de las transmisiones que suministran el espectro Doppler por frecuencia, como intensidad de la señal. A lo largo de la trayectoria 231, la intensidad de la señal es no cero para todas las frecuencias. En la posición real de un blanco en el plano de Alcance – Doppler, la intensidad de la señal presenta un valor de pico. La detección del blanco consiste en la discriminación de los valores de pico respecto de otros valores que corresponden al ruido, correspondiendo los puntos a estos valores de pico que se representan en el plano de Alcance – Doppler ilustrado en la Figura 2.

El blanco puede ser objeto de seguimiento mediante la predicción de su alcance y su velocidad Doppler de ráfaga a ráfaga. Cuando un proyectil es disparado sobre el blanco, los ecos del proyectil aparecen efectivamente con unas velocidades Doppler diferentes en comparación con el blanco de superficie o, con otras palabras, mediante diferentes filtros Doppler. Los puntos que representan el proyectil en el plano de alcance Doppler 20 pueden ser asociados con los instantes de tiempo cuando se llevan a cabo las detecciones. Estos instantes de tiempo pueden designarse  $t_i$ , siendo  $i$  un número entero que varía de 1 a  $n$ , indicando  $t_1$  el instante de tiempo correspondiente a la primera detección del proyectil por el radar, indicando  $t_n$  el instante de tiempo correspondiente a la última detección del proyectil. Después del instante de tiempo  $t_n$ , el proyectil ya no puede ser detectado por el radar, después de este instante de tiempo y antes de la siguiente detección esperada en el instante de tiempo  $t_{n+1}$ , el proyectil ha o bien golpeado la superficie del agua o el blanco y ya no puede, por tanto, inducir ecos de radar. En determinados casos, por ejemplo si el proyectil comprende una carga explosiva, puede apreciarse una salpicadura de agua en el espectro del alcance Doppler.

De acuerdo con lo propuesto en la presente invención, puede predecirse el punto de impacto del proyectil, por ejemplo, suponiendo que el impacto del proyectil se produce en un instante de tiempo  $t_{\text{impact}}$  inmediatamente después del instante de tiempo  $t_n$  correspondiente a la última detección del proyectil. Como ejemplo no limitativo, el instante de tiempo  $t_{\text{impact}} = (t_n + t_{n+1}) / 2$  proporciona una mejor estimación en cuanto el error es como mucho la mitad de la etapa de tiempo  $t_{n+1} - t_n$  donde el error máximo en  $t_n$  es igual a esta etapa de tiempo.

Además, comenzando a partir del primer instante de tiempo  $t_1$ , cuando el eco del proyectil esté apareciendo en el plano de Alcance – Doppler 20, esto es, tan pronto como se detecta el proyectil, puede iniciarse un seguimiento del proyectil, por medio de una técnica de seguimiento ya en sí misma conocida, por ejemplo, en base a un filtro Kalman. De modo similar, pueden apreciarse diferentes seguimientos de manera simultánea en una pluralidad de proyectiles posiblemente vistos simultáneamente por el radar. Por tanto, de acuerdo con la presente invención puede aplicarse un procedimiento a armas que se disparan con elevadas cadencias.

De modo ventajoso, la decisión de si un proyectil determinado efectivamente entró en el agua, puede llevarse a cabo después de una serie de detecciones fallidas más alta de un número determinado o, en otras palabras, si no pueden recogerse mediciones a lo largo de un periodo de tiempo determinado, el cual puede ser designado como periodo de “parada”. El número determinado se puede elegir de manera que el seguimiento de un proyectil determinado se proyecte más allá del periodo de tiempo durante el cual el proyectil deba ser localizado entre dos lóbulos secundarios de antena o de un lóbulo secundario de antena y el haz principal: durante este periodo de tiempo, no pueden efectuarse detecciones del proyectil. En un ejemplo típico, utilizando un sistema de seguimiento del blanco que opere en la banda I, la separación de lóbulos secundarios es aproximadamente igual a 2,5 grados de ángulo. Con una velocidad terminal del orden de 400 m/s, el tiempo de vuelo de una parte superior de un lóbulo secundario a otro es aproximadamente igual a 1 segundo en un alcance de 10 kilómetros. El tiempo de vuelo en el lóbulo principal de la antena (+ / - 1 grado) es del orden de 0,5 segundos.

De modo ventajoso, para mejorar la eficacia de la detección, puede recurrirse a la integración de ráfagas. Por ejemplo, el seguimiento de un determinado proyectil puede considerarse válido cuando al menos un primer número determinado  $N$  de detecciones entre un segundo número determinado  $M$  hayan sido efectivamente realizados.

Por ejemplo, la ganancia de integración incoherente en el caso de la utilización de una condición de validez de seguimiento de 3 entre 8 pulsos, puede ser casi tan alta como 5 dB en el caso de un blanco no fluctuante.

De modo ventajoso, puede también mejorarse por medio de interpolación la precisión de las detecciones, esto es, de la medición del alcance y velocidad Doppler de los blancos y proyectiles.

Por ejemplo, un proceso de interpolación puede permitir la obtención de una precisión Doppler del orden de 1 m/s y una precisión de alcance del orden de 1 metro. La utilización de los valores interpolados de alcance y Doppler con la finalidad de evaluar la trayectoria, puede, por tanto, permitir la realización de una enérgica discriminación, contra los falsos blancos. En relación con la ambigua velocidad Doppler (10 m/s) y el área de alcance que se necesita para la

detección del proyectil (1 km) se puede obtener una reducción de las falsas alarmas en 100,000 mediante la comparación de las subsecuentes detecciones.

- 5 De modo ventajoso, medios adicionales para medir y verificar la velocidad del proyectil, por ejemplo, modelos físicos, por ejemplo asociados con medios para medir la velocidad inicial de los proyectiles, pueden ser utilizados con el fin de reducir los posibles falsos positivos.

De modo ventajoso, las últimas detecciones de un determinado proyectil pueden ser utilizadas para mejorar las estimaciones del alcance y el azimut, por ejemplo, por medio de un procedimiento de mínimos cuadrados, y para mejorar la localización predictiva del punto de impacto en el  $t_{\text{impact}}$  estimado.

- 10 Normalmente, pueden integrarse 0,5 segundos de mediciones, correspondientes al tiempo en el que el proyectil permanece dentro del lóbulo principal de la antena.

Debe destacarse que la localización del punto de impacto es tanto más precisa cuanto más alta es la tasa de actualización de las ráfagas de radar.

- 15 Además de evitar el uso de un haz de antena separado, otra ventaja de la invención es que puede ser aplicada con armas que disparen con cadencias de disparo altas, con independencia del tipo de munición que utilicen. La presente invención es también apropiada para la detección de un impacto directo, esto es, incluso si el proyectil no induce ningún tipo de salpicadura de agua. Por tanto, la presente invención puede aplicarse con armas que utilicen una gran diversidad de municiones, por ejemplo, descargas de tiro de prácticas, así como descargas que comprendan una carga explosiva.

- 20 Otra ventaja de la presente invención estriba en que los proyectiles, los blancos de superficie pueden ser objeto de seguimiento, al tiempo que una cámara de video, por ejemplo, puede ser simultáneamente utilizada para monitorizar el blanco.

Una ventaja adicional es que un procedimiento de acuerdo con cualquier forma de realización de la presente invención puede ser utilizado a pesar de la no linealidad de las mediciones de antena de radar al nivel del borde del haz de antena.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento para determinar el punto de impacto de un proyectil disparado sobre un blanco de superficie (15), por ejemplo, un blanco por encima de la superficie del mar, utilizando un sistema de radar que comprende una sola antena de radar (11) para el seguimiento del blanco, emitiendo dicha antena de radar señales electromagnéticas que forman un único haz de antena que esencialmente apunta hacia dicho blanco de superficie, el cual es objeto de seguimiento utilizando dicho haz de antena, atravesando la trayectoria del proyectil dicho haz de antena, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
  - la emisión de una pluralidad de sucesivas ráfagas de radar;
  - la medición de los alcances de los ecos de radar recibidos dentro del haz de antena o a través de los lóbulos secundarios, en respuesta a dichas ráfagas de radar;
  - la aplicación de un filtrado Doppler a dichos alcances para distinguir las mediciones del proyectil de las mediciones relacionadas con el blanco de superficie objeto de seguimiento y las mediciones de las reflexiones de mar;
  - la realización de la detección del proyectil en momentos sucesivos utilizando dicho filtrado Doppler;
  - la predicción del punto de impacto del proyectil a partir de las mediciones relacionadas con una o más detecciones del proyectil, incluyendo dichas mediciones el alcance, el rumbo y el momento de la última detección del proyectil,en el que el procedimiento comprende además la determinación de que el proyectil golpea la superficie del agua o el blanco de superficie si no se ha obtenido ninguna medición del proyectil a lo largo de un periodo de tiempo más prolongado que un periodo determinado de parada después de un instante  $t_n$  correspondiente al instante de la última detección del proyectil, en el que el periodo de parada determinado del momento se corresponde con un periodo de tiempo durante el cual el proyectil no está localizado entre dos lóbulos secundarios o entre un lóbulo secundario y el haz de antena.
- 2.- El procedimiento de la Reivindicación 1, en el que la etapa de predicción del punto de impacto del proyectil se basa en la presunción de que el impacto del proyectil se produce en el instante  $t_{\text{impact}}$  después de un instante  $t_n$  correspondiente al momento de la última detección del proyectil.
- 3.- El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el instante  $t_{\text{impact}}$  se define mediante la relación:  $t_{\text{impact}} = (t_n + t_{n+1}) / 2$ , siendo  $t_{n+1}$  el instante siguiente al que se espera que el proyectil sea sucesivamente detectado en el instante  $t_n$ .
- 4.- El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la localización del punto de impacto se predice mediante el uso de una técnica de estimación que comprende el procedimiento de mínimos cuadrados.
- 5.- El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la localización del punto de impacto se predice mediante el uso de una técnica de estimación que comprende un filtro Kalman.
- 6.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dichas mediciones comprenden además la velocidad del proyectil.
- 7.- Un sistema de radar que comprende una sola antena de radar (11) para el seguimiento de un blanco de superficie (15), por ejemplo un blanco por encima de la superficie del mar, y unos medios de procesamiento para determinar el punto de impacto de al menos un proyectil disparado sobre el blanco de superficie (15), emitiendo dicha antena de radar señales electromagnéticas que forman un haz de antena única que esencialmente apunta hacia dicho blanco de superficie, el cual es objeto de seguimiento utilizando dicho haz de antena, atravesando la trayectoria del proyectil dicho haz del sistema de radar, estando el sistema de radar configurado para:
  - emitir una pluralidad de sucesivas ráfagas de radar,estando los medios de procesamiento configurados para:
  - medir los alcances de los ecos de radar recibidos dentro del haz de antena o a través de los lóbulos secundarios, en respuesta a dichas ráfagas de radar;
  - aplicar un filtrado Doppler a dichos alcances para distinguir las mediciones del proyectil de las mediciones relacionadas con el objeto de superficie objeto de seguimiento y las mediciones de las reflexiones de mar;
  - detectar las posiciones del proyectil en sucesivos instantes de tiempo utilizando dicho filtrado Doppler;

- predecir la posición de impacto del proyectil a partir de las mediciones relacionadas con una o más posiciones detectadas del proyectil, incluyendo dichas mediciones, el alcance, el rumbo y el instante de la última detección del proyectil,

en el que el sistema de radar está configurado además para:

5                   - determinar que el proyectil golpea una superficie del agua o el blanco de superficie si no se ha obtenido ninguna medición del proyectil a lo largo de un periodo de tiempo superior a un periodo de parada determinado después de un instante  $t_n$  correspondiente al instante de la última detección del proyectil,

10                en el que las señales electromagnéticas forman además unos lóbulos secundarios, correspondiendo el periodo de tiempo de parada correspondiente a un periodo de tiempo durante el cual el proyectil debe ser localizado entre dos lóbulos secundarios o entre un lóbulo secundario y el haz de antena.

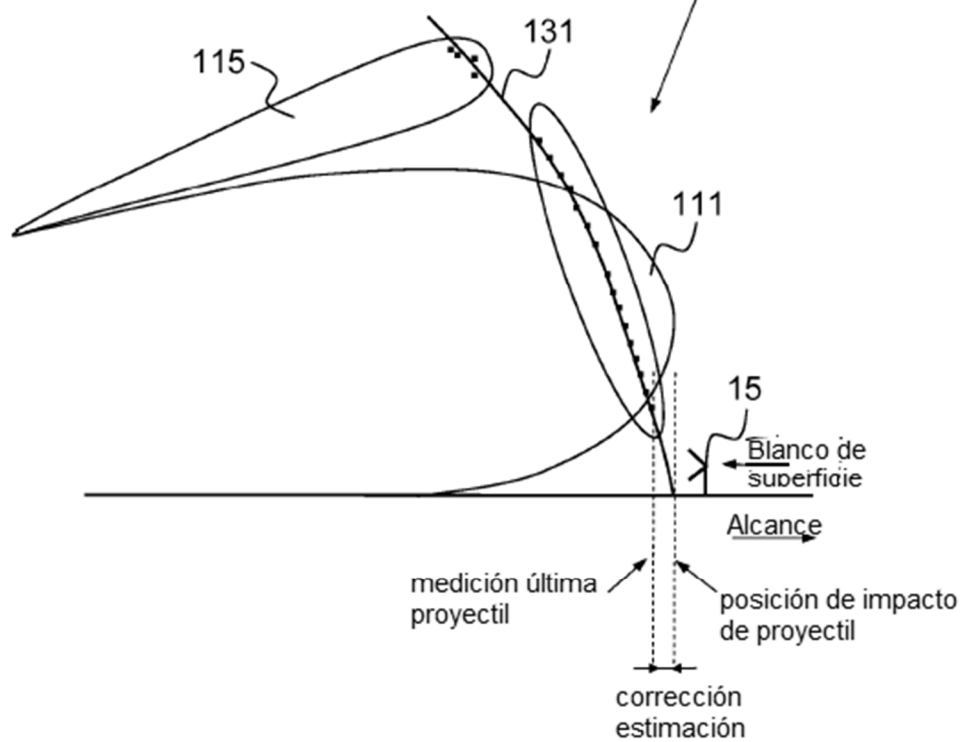
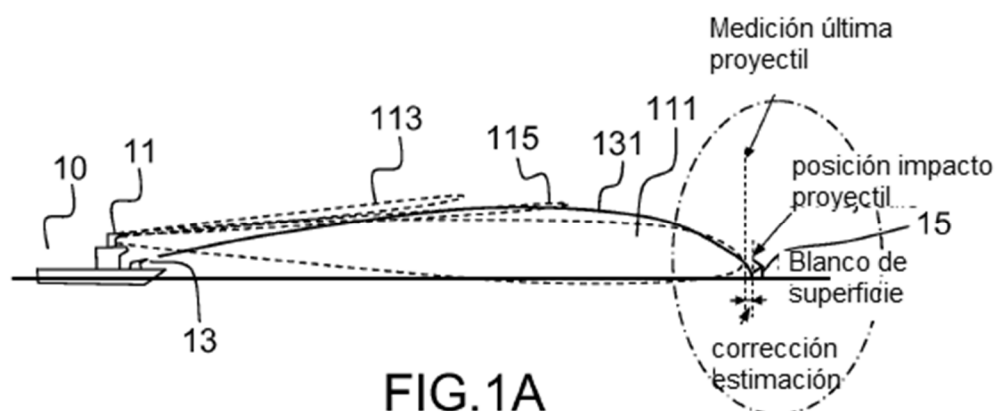
8.- El sistema de radar de la reivindicación 7, en el que la predicción del punto de impacto del proyectil se basa en la presunción de que el impacto del proyectil se produce en un instante  $t_{\text{impact}}$  después del instante  $t_n$  correspondiente al tiempo de la última detección del proyectil.

15           9.- El sistema de radar de la reivindicación 8, en el que el instante  $t_{\text{impact}}$  se define por la relación:  $t_{\text{impact}} = (t_n + t_{n+1}) / 2$ .

10.- El sistema de radar de cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, en el que la localización del punto de impacto se predice mediante el uso de una técnica de estimación que comprende al menos un procedimiento de mínimos cuadrados.

20           11.- El sistema de radar de cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, en el que la localización del punto de impacto se predice mediante el uso de una técnica de estimación que comprende un filtro Kalman.

12.- El sistema de radar de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que dichas mediciones comprenden además la velocidad del proyectil.





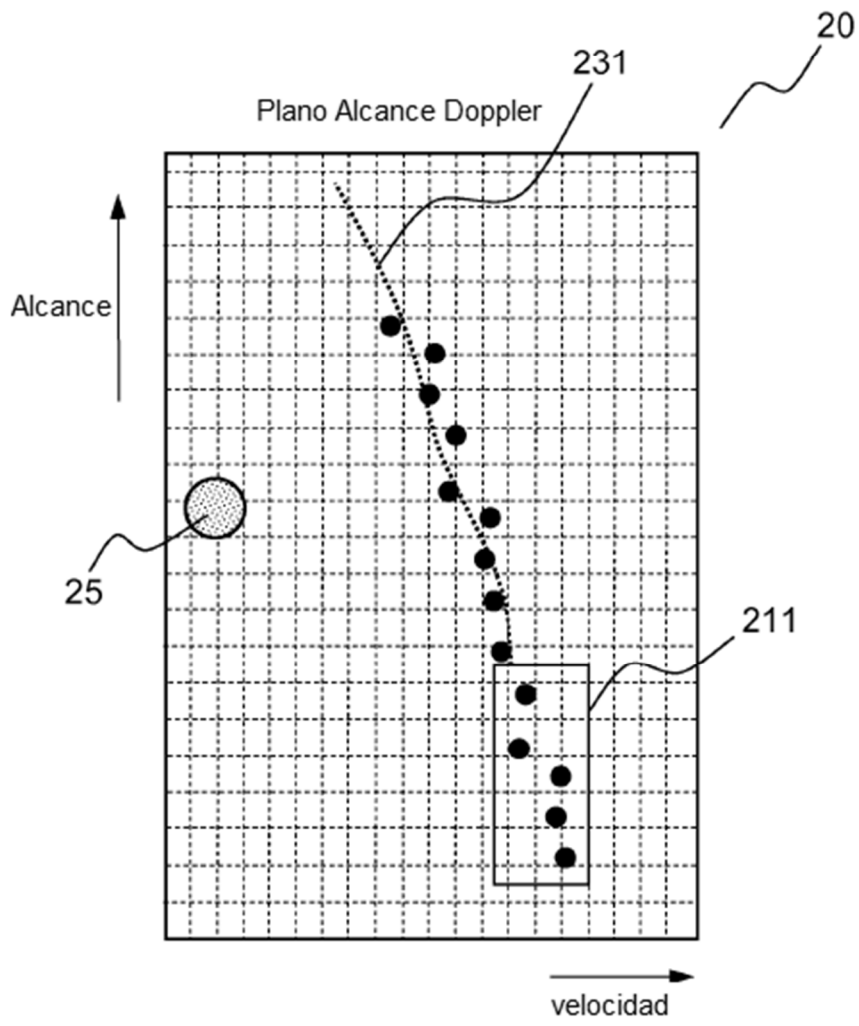


FIG.2