

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 215**

51 Int. Cl.:

G01S 7/41	(2006.01)
G01S 13/10	(2006.01)
G01S 13/34	(2006.01)
G01S 13/522	(2006.01)
G01S 13/536	(2006.01)
G01S 13/58	(2006.01)
G01S 13/86	(2006.01)
G01S 13/88	(2006.01)
A63B 37/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2021 PCT/EP2021/064210**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2021 WO21244943**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2021 E 21729481 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2024 EP 4162288**

54 Título: **Método para determinar el giro de un proyectil**

30 Prioridad:

03.06.2020 SE 2030185

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

10.12.2024

73 Titular/es:

**TOPGOLF SWEDEN AB (100.0%)
Svärdvägen 3A
182 33 Danderyd, SE**

72 Inventor/es:

ERIKSSON, JONNY

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 992 215 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

Método para determinar el giro de un proyectil

5 CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere el uso de transceptores de radar para determinar el giro de un proyectil.

10 ANTECEDENTES

Cuando se monitoriza la trayectoria de un proyectil, puede ser ventajoso poder determinar su velocidad de rotación, o giro, puesto que afectará a la trayectoria general del proyectil. Esto puede ser por ejemplo de importancia cuando se monitoriza la trayectoria de una pelota deportiva, tal como una pelota de béisbol o de golf.

15 La Patente US8845442 divulga un método para determinar el giro de una pelota deportiva que comprende calcular el giro a partir de una frecuencia de modulación de una señal de radar reflejada y los armónicos de dicha frecuencia de modulación.

20 La Patente US9868044 divulga un método para determinar el giro de un proyectil a partir de un componente periódico de una señal de radar reflejada.

Sin embargo, existe la necesidad de métodos más refinados para determinar el giro de un proyectil.

25 La Patente US 2018/0136326 describe un sistema de radar y un método para determinar un estado de rotación de un objeto móvil.

SUMARIO

30 La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

Es un objeto de la presente divulgación proporcionar un método para determinar el giro de un proyectil. Este objeto se obtiene mediante un método según la reivindicación 1.

35 La variación en la primera serie temporal alrededor de la velocidad central del proyectil está provocada por reflejos de la señal de radar de las características del proyectil, a medida que dichas características giran hacia o alejándose del radar debido al giro. Por tanto, la frecuencia de la segunda serie temporal depende de la velocidad de giro, y el giro puede determinarse fácilmente a partir de la frecuencia.

40 El método también puede comprender dividir la segunda serie temporal en una pluralidad de intervalos de tiempo, estimar una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal, donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo, y determinar el giro del proyectil sobre la base de la pluralidad de frecuencias estimadas.

45 Ventajosamente, dividir la segunda serie temporal en una pluralidad de intervalos de tiempo puede producir una estimación final más fiable del giro. El valor estimado de la frecuencia correspondiente a un intervalo de tiempo puede verse afectado por el ruido de medición o errores de medición, volviéndolo potencialmente poco fiable. Con una pluralidad de frecuencias estimadas, es posible aplicar métodos estadísticos para obtener una estimación final del giro que sea más fiable que una estimación derivada de una única frecuencia estimada.

50 Según algunos aspectos, determinar el giro del proyectil en función de la pluralidad de frecuencias estimadas comprende obtener una distribución de la pluralidad de frecuencias estimadas.

55 Según otros aspectos, el método puede comprender que un intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal sea como mucho la mitad de un periodo de rotación esperado del proyectil en el giro más alto esperado. Esto tiene la ventaja de que se obtienen al menos dos observaciones de la velocidad radial por rotación del proyectil, asegurando que la variación en la velocidad radial debida al giro sea capturada en la primera serie temporal.

60 Según algunos aspectos, el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal es constante. Según otros aspectos, el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal es variable. La velocidad central puede calcularse mediante el uso de un filtro de paso bajo o a través del ajuste por partes de una función a la primera serie temporal. Ventajosamente, ambos métodos pueden producir estimaciones fiables de la velocidad central.

65 Según algunos aspectos, la segunda serie temporal puede extraerse mediante la resta de la velocidad central calculada de la primera serie temporal.

Según algunos aspectos, estimar la frecuencia de la segunda serie temporal puede comprender utilizar un espectro de potencia calculado a partir de la segunda serie temporal como base para una estimación de máxima verosimilitud de la frecuencia. Ventajosamente, un espectro de potencia proporciona una medida de la potencia asociada con cada frecuencia presente en la señal, lo que facilita la estimación de la frecuencia. Según algunos aspectos, la frecuencia puede ser una frecuencia fundamental de la señal. Ventajosamente, la frecuencia fundamental es generalmente equivalente a la velocidad de giro.

El objeto también se obtiene mediante un transceptor de radar según la reivindicación 9.

El transceptor de radar también puede disponerse para dividir la segunda serie temporal en una pluralidad de intervalos de tiempo, estimar una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal, donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo, y determinar el giro del proyectil en función de la pluralidad de las frecuencias estimadas.

Según algunos aspectos, el transceptor de radar puede ser un transceptor de radar de onda continua modulada en frecuencia, FMCW.

El objeto también se obtiene mediante un sistema según la reivindicación 11. Ventajosamente, la incorporación de un medio de visualización del giro determinado permite a una persona que utiliza el sistema acceder con más facilidad al giro determinado.

Según algunos aspectos, el sistema puede comprender un sensor auxiliar, y el giro estimado a partir del transceptor de radar se combina con datos obtenidos a partir del sensor auxiliar. Ventajosamente, combinar la estimación de giro con datos obtenidos a partir de un sensor auxiliar puede facilitar la evaluación de la trayectoria de un proyectil por una persona que utiliza el sistema.

Los transceptores y sistemas de radar divulgados en el presente documento están asociados con las mismas ventajas que se han analizado anteriormente en relación a los diferentes métodos.

El objeto también se obtiene mediante un método de almacenamiento legible por ordenador según la reivindicación 14 o mediante un producto informático según la reivindicación 15.

Generalmente, todos los términos utilizados en las reivindicaciones deben interpretarse según su significado habitual en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente lo contrario en el presente documento. Todas las referencias a "un/uno/el elemento, aparato, componente, medio, paso, etc." deben interpretarse abiertamente como una referencia a al menos un caso del elemento, aparato, componente, medio, paso, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes al estudiar las reivindicaciones adjuntas y la siguiente descripción.

BREVES DESCRIPCIONES DE LOS DIBUJOS

La presente divulgación se describirá ahora con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La Figura 1 ilustra esquemáticamente la observación de un proyectil mediante un transceptor de radar;
- La Figura 2 ilustra esquemáticamente el cambio en la velocidad radial de un proyectil a lo largo del tiempo;
- La Figura 3 ilustra esquemáticamente una distribución de estimaciones del giro de un proyectil;
- La Figura 4 ilustra esquemáticamente un espectro de potencia;
- La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra métodos en un transceptor de radar según la presente divulgación;
- La Figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema que comprende un transceptor de radar; y
- La Figura 7 es un diagrama de bloques de un sistema que comprende un transceptor de radar y un procesador.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación, se describirán más completamente aspectos de la presente divulgación con referencia a los dibujos adjuntos. Los números similares en los dibujos se refieren a elementos similares en todas partes.

Como se utilizan en el presente documento, se pretende que las formas singulares "un", "uno/una" y "el/la" incluyan también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

La medición de la trayectoria de un proyectil con un transceptor de radar implica que el transceptor de radar emita una señal de radar, que la señal de radar sea reflejada al menos en parte por el proyectil y que el transceptor reciba la señal reflejada. A partir de la modulación introducida en la señal a través de la reflexión contra el proyectil, pueden extraerse parámetros de trayectoria, tales como la posición y la velocidad del proyectil a través de métodos bien conocidos en la técnica. Específicamente, la velocidad radial del proyectil con respecto al transceptor de radar

puede obtenerse a partir de un desplazamiento Doppler en la señal reflejada.

Las reflexiones más intensas de la señal del radar se producen frecuentemente en partes asimétricas o irregulares del proyectil. En el caso de un proyectil que por lo demás tiene en su mayor parte simetría esférica, como por ejemplo un balón deportivo, pueden producirse reflejos en el lugar en el que dos mitades del balón deportivo están unidas, por ejemplo pegadas entre sí. Si el material del proyectil es al menos parcialmente transparente a las ondas de radio, como es el caso con muchos materiales a base de polímeros, también puede producirse reflexión debido a faltas de homogeneidad en el material dentro del proyectil. Ocasionalmente, se agregan marcas a los balones deportivos para ayudar en la observación y el seguimiento con transceptores de radar u otros sensores, y estos también pueden reflejar señales de radar. Algunas pelotas deportivas también pueden configurarse para facilitar la determinación del giro mediante señales electromagnéticas. Por ejemplo, en el interior del balón deportivo puede estar dispuesto un material eléctricamente conductor.

Como ejemplo, consideremos un proyectil esférico, por ejemplo una pelota, que se aleja del transceptor de radar y simultáneamente gira alrededor de un eje de la pelota. La mayor contribución a la velocidad radial observada será en este caso la velocidad radial central del proyectil, es decir, la velocidad radial que se observaría si el proyectil no estuviera girando. Esta velocidad radial central normalmente coincide con una velocidad radial del centro de masas del proyectil con respecto al transceptor de radar. Sin embargo, para un proyectil que está girando, la velocidad radial momentánea observada del proyectil con respecto al transceptor de radar dependerá del movimiento alrededor del eje de rotación de la parte del proyectil que causa la reflexión más fuerte. Cuando la parte del proyectil que causa la reflexión más fuerte gira alejándose del transceptor, la velocidad radial momentánea observada será mayor que la velocidad radial central. Por el contrario, cuando la parte del proyectil que causa la reflexión más fuerte está en el lado que gira hacia el transceptor, la velocidad radial momentánea observada será menor que la velocidad radial central. Esta variación periódica de la velocidad radial observada alrededor de la velocidad radial central puede utilizarse para extraer la velocidad de giro del proyectil. De esta manera puede determinarse la velocidad de giro para la mayoría de las orientaciones del eje de rotación. La excepción es un escenario en el que el eje de rotación apunta hacia el transceptor en cada punto de la trayectoria del proyectil. Sin embargo, estos escenarios son muy raros.

La Figura 1 muestra un transceptor de radar 100 que monitoriza la trayectoria de un proyectil 110 por medio de una señal de radar emitida 101 y una señal de radar reflejada 102. El radar genera una serie de observaciones de la trayectoria del proyectil, que comprende información sobre la velocidad radial del proyectil con respecto al transceptor del radar. El proyectil 110 rota alrededor de un eje 111 con una frecuencia de rotación, o velocidad de giro, 112. En este caso, el giro es una velocidad de giro, normalmente medida en términos del número de revoluciones completas del proyectil alrededor de su eje de rotación por unidad de tiempo, por ejemplo, en revoluciones por minuto (RPM) o revoluciones por segundo (RPS).

La Figura 2a muestra una primera serie temporal 201 de observaciones de la velocidad radial, dada, por ejemplo, en m/s, junto con la velocidad radial central 202. Téngase en cuenta que las observaciones de la velocidad radial muestran una variación alrededor de la velocidad radial central. De hecho, la velocidad radial central puede verse como una velocidad radial promedio del proyectil con respecto al transceptor de radar, mientras que las observaciones de la velocidad radial varían alrededor de esta velocidad central. La Figura 2b muestra esquemáticamente la diferencia entre la velocidad radial observada y la velocidad central a lo largo del tiempo, es decir, muestra una segunda serie temporal 203 que comprende la variación en la velocidad radial alrededor de la velocidad radial central.

El método para estimar el giro de un proyectil 110 divulgado en el presente documento y mostrado en la Figura 5 comprende obtener S1 de un transceptor de radar 100, una primera serie temporal 201 comprendiendo observaciones de una velocidad radial del proyectil 110 con respecto al transceptor de radar 100, y calcular S2, a partir de la primera serie temporal 201, una velocidad central 202 del proyectil 110. El método comprende además extraer S3 a una segunda serie temporal 203 que comprende una variación en la primera serie temporal alrededor de la velocidad central 202, estimar en S4 una frecuencia de la segunda serie temporal 203, y determinar en S5 el giro del proyectil 110 en función de la frecuencia de la segunda serie temporal 203. El proyectil 110 puede ser una pelota deportiva, tal como una pelota de béisbol, de fútbol o de golf.

La conexión entre la frecuencia de la segunda serie temporal 203 y el giro del proyectil 110 es, en general, que la frecuencia de la segunda serie temporal 203 es también la frecuencia de rotación y, por tanto, equivalente a la velocidad de giro. Sin embargo, cabe destacar que la frecuencia de la segunda serie temporal 203 también puede ser, por ejemplo, un armónico superior de la frecuencia de rotación. Los armónicos, o múltiplos enteros, de la frecuencia de rotación estarán presentes en la segunda serie temporal 203, y tanto la frecuencia de rotación como cada armónico superior estarán asociados con una intensidad de señal. La intensidad de los armónicos en relación con la frecuencia de rotación puede depender de factores tales como si más de una parte del proyectil está provocando el reflejo de la señal del radar. Téngase en cuenta que la intensidad de la señal de un armónico puede ser cero.

Dependiendo de cómo se lance el proyectil, este también puede experimentar una deformación temporal durante parte de su trayectoria, como puede ser el caso de una pelota deportiva, tal como una pelota de golf que es

golpeada por un instrumento, tal como un palo de golf. El impacto puede provocar una compresión temporal de la pelota de deporte, lo que a su vez da lugar a una deformación temporal que disminuye gradualmente de la pelota de deporte durante el vuelo. Después, esta deformación afecta la reflexión de la señal del radar y puede introducir una segunda variación periódica con una frecuencia que no está directamente relacionada con la velocidad de giro.

5 Opcionalmente, el método también puede comprender dividir S31 la segunda serie temporal 203 en una pluralidad de intervalos de tiempo 210a, 210b, 210c, estimar S41 una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal 203, donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo 210a, 210b, 210c, y determinar S51 el giro del proyectil 110 en función de la pluralidad de frecuencias estimadas. La duración de un intervalo de tiempo puede ser el tiempo en el que el proyectil cubrirá una distancia determinada, donde el tiempo se calcula utilizando una velocidad central conocida del proyectil. La distancia determinada puede ser, por ejemplo 30-40 m. La duración del intervalo de tiempo también puede establecerse de manera que se obtenga una relación señal a ruido y una resolución deseadas para la frecuencia estimada. Opcionalmente, la longitud de un intervalo de tiempo puede estar entre 250 y 500 milisegundos.

15 La división de la segunda serie temporal 203 en una pluralidad de intervalos de tiempo hace posible obtener una pluralidad de frecuencias estimadas iniciales. El valor estimado de la frecuencia de la segunda serie temporal 203 puede verse afectado por ruido de medición o errores de medición, haciendo que una única frecuencia estimada de la segunda serie temporal 203 sea potencialmente poco fiable. Con una pluralidad de frecuencias estimadas, es posible aplicar métodos estadísticos para obtener una estimación final de la frecuencia que sea más fiable que una estimación derivada de un único intervalo de tiempo.

20 Determinar S51 el giro del proyectil 110 en función de la pluralidad de frecuencias estimadas también puede comprender obtener una distribución 300 de la pluralidad de frecuencias estimadas. A partir de una distribución de una pluralidad de frecuencias estimadas es posible extraer una estimación final de la frecuencia.

25 Como ejemplo, la estimación final de la frecuencia puede extraerse calculando una función de densidad de probabilidad 310 para la pluralidad de frecuencias estimadas, opcionalmente como una convolución de un histograma de la pluralidad de frecuencias estimadas con un núcleo, opcionalmente un núcleo gaussiano. Posteriormente, la frecuencia correspondiente a uno de los máximos locales resultantes 311 en la función de densidad de probabilidad 310 se identifica como la estimación final de la frecuencia. La selección del máximo local correcto 311 puede realizarse, por ejemplo, en función de una masa de probabilidad asociada con cada máximo local. La masa de probabilidad corresponde a la integral de la función de densidad de probabilidad en un intervalo 312 que comprende el máximo local. El intervalo puede estar limitado por los puntos más cercanos al máximo local en los que la función de densidad de probabilidad cae por debajo de un valor umbral fijo o por debajo de un valor correspondiente a un porcentaje de la altura del máximo local.

30 La selección del máximo local correcto 311 también puede realizarse en función de cuántas de las frecuencias estimadas en la pluralidad de frecuencias estimadas son iguales o cercanas a la frecuencia correspondiente al máximo local, opcionalmente teniendo en cuenta el número de estimaciones de las frecuencias asociadas a otros máximos locales que corresponden a armónicos de la frecuencia correspondiente al máximo local.

35 Si la variación periódica en la velocidad radial observada debido al giro debe ser detectable en la primera serie temporal 201 y la segunda serie temporal 203, un intervalo de tiempo entre observaciones en la serie temporal 201 no puede exceder un período de rotación del proyectil debido al giro. Si se conoce un valor esperado más alto del giro, el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal 201 puede establecerse en la mitad del período esperado de rotación del proyectil 110 en un giro esperado más alto. El intervalo de tiempo también puede ser inferior a la mitad del período de rotación esperado.

40 Como ejemplo, el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal 201 puede ser constante. Como otro ejemplo, el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal 201 puede ser variable.

45 El cálculo S2 de una velocidad central 202 del proyectil 110 de la primera serie temporal 201 puede realizarse, como ejemplo, mediante el uso de un filtro de paso bajo. Después, puede configurarse una frecuencia de corte para el filtro de paso bajo en dependencia de una variación esperada en la velocidad a lo largo de la trayectoria del proyectil. Como otro ejemplo, la velocidad central 202 puede calcularse mediante el ajuste por partes de una función a la primera serie temporal 201. La extracción S3 de la segunda serie temporal 203 puede realizarse después restando la velocidad central determinada 202 de la primera serie temporal 201.

50 Estimar S4 la frecuencia de la segunda serie temporal 203 puede comprender usar un espectro de potencia 400 calculado a partir de la segunda serie temporal 203 como base para una estimación de máxima verosimilitud de la frecuencia. El espectro de potencia puede encontrarse, por ejemplo, como el cuadrado del valor absoluto de la transformada de Fourier de la segunda serie temporal 203. Opcionalmente puede utilizarse otra representación de la densidad de potencia de la señal a diferentes frecuencias, tal como un periodograma.

Una estimación de máxima verosimilitud de la frecuencia puede obtenerse, por ejemplo, de la siguiente manera. Puede obtenerse una pluralidad de frecuencias candidatas, por ejemplo basándose en las frecuencias en las que el espectro de potencia 400 tiene máximos locales 401. Para cada frecuencia candidata, la altura del pico correspondiente y los picos en múltiplos enteros de la frecuencia candidata (es decir, armónicos) se suman para producir una medida de la potencia total en la señal asociada con la frecuencia candidata. Después, se selecciona la frecuencia candidata con la medida más alta de potencia total como la frecuencia estimada de la segunda serie temporal 203. La estimación de máxima verosimilitud de una frecuencia, en particular de una frecuencia fundamental, es bien conocida en la técnica.

Opcionalmente, la frecuencia puede ser una frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental se define en la presente en el campo del análisis armónico, es decir, como la frecuencia más baja presente en una señal periódica, siendo la señal en este caso la segunda serie temporal 203.

También se divulga en el presente documento un transceptor de radar 100 dispuesto para obtener S1 una primera serie temporal 201 que comprende observaciones de una velocidad radial del proyectil 110 con respecto al transceptor de radar 100, calcular S2, a partir de la primera serie temporal 201, una velocidad central 202 del proyectil 110, extraer S3 una segunda serie temporal 203 que comprende una variación en la primera serie temporal 201 alrededor de la velocidad central 202, estimar S4 una frecuencia de la segunda serie temporal 203 y determinar S5 el giro del proyectil 110 en función de la frecuencia estimada de la segunda serie temporal 203.

El transceptor de radar también puede disponerse para dividir S31 la segunda serie temporal 203 en una pluralidad de intervalos de tiempo, estimar S41 una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal 203, donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo, y determinar S51 el giro del proyectil 110 basándose en la pluralidad de frecuencias estimadas.

El transceptor de radar descrito anteriormente puede ser, como ejemplo, un transceptor de radar de onda continua modulada en frecuencia, FMCW. Como otro ejemplo, el transceptor de radar puede ser un radar Doppler de pulsos. Además del giro, el transceptor de radar puede estar dispuesto para medir otras propiedades de la trayectoria del proyectil, tales como la velocidad y la posición del proyectil 110 en diferentes momentos.

También se divulga en el presente documento un sistema 600 para medir el giro de un proyectil 110, el sistema comprendiendo un transceptor de radar 100 como se ha descrito anteriormente y al menos un medio 601 para mostrar el giro determinado. Un medio 601 para mostrar el giro determinado puede ser una pantalla, tal como una pantalla LED o LCD. Un medio para mostrar el giro determinado también puede ser un ordenador que ejecute un programa informático capaz de mostrar el giro determinado. Opcionalmente, pueden mostrarse otras propiedades de la trayectoria del proyectil, tales como la velocidad y la posición del proyectil 110 en diferentes momentos, junto con el giro determinado.

El sistema 600 también puede comprender un sensor auxiliar 602, en el que la estimación de giro del transceptor de radar 100 se combina con datos obtenidos del sensor auxiliar 602. Como ejemplo, el sensor auxiliar puede ser una cámara. Como otro ejemplo, el sensor auxiliar puede ser un sensor LIDAR o sonar.

También se divulga en el presente documento un procesador 701 dispuesto para obtener S1 una primera serie temporal 201 que comprende observaciones de una velocidad radial del proyectil 110 con respecto al transceptor de radar 100, calcular S2, a partir de la primera serie temporal 201, una velocidad central 202 del proyectil 110, extraer S3 una segunda serie temporal 203 que comprende una variación en la primera serie temporal 201 alrededor de la velocidad central, estimar S4 una frecuencia de la segunda serie temporal 203 y determinar S5 el giro del proyectil 110 en función de la frecuencia de la segunda serie temporal 203.

El procesador 701 también puede disponerse para dividir S31 la segunda serie temporal 203 en una pluralidad de intervalos de tiempo, estimar S41 una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal 203, donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo, y determinar S51 el giro del proyectil 110 en función de la pluralidad de frecuencias estimadas.

También se divulga un sistema 700 que comprende un transceptor de radar 100 y un procesador 701 como se ha descrito anteriormente.

Finalmente, también se divulga en el presente documento un programa informático para operar un transceptor de radar 100 o un procesador 701 para determinar el giro de un proyectil 110, el programa informático comprendiendo un código informático que, cuando se ejecuta en el circuito de procesamiento de un transceptor de radar 100, hace que el transceptor de radar 100 ejecute un método como se ha descrito anteriormente, y un producto de programa informático que comprende un programa informático según se describe, y un método de almacenamiento legible por ordenador en el que se almacena el programa informático.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para estimar el giro de un proyectil (110), el método comprendiendo:
- obtener (S1) de un transceptor de radar (100) una primera serie temporal (201) que comprende observaciones de uno o más parámetros de trayectoria que comprenden una velocidad radial del proyectil (110) con respecto al transceptor de radar (100);
- 10 calcular (S2), a partir de la primera serie temporal (201), una velocidad radial central (202) del proyectil (110);
- extraer (S3) de la primera serie temporal (201) una segunda serie temporal (203) que comprende una variación de la velocidad radial en la primera serie temporal (201) alrededor de la velocidad radial central calculada (202);
- estimar (S4) una frecuencia de la segunda serie temporal (203); y
- determinar (S5) el giro del proyectil (110) en función de la frecuencia estimada de la segunda serie temporal (203).
- 15 2. El método, según la reivindicación 1, en donde el método comprende:
- dividir (S31) la segunda serie temporal (203) en una pluralidad de intervalos de tiempo (210a, 210b, 210c);
- estimar (S41) una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal (203), donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo (210a, 210b, 210c); y
- 20 determinar (S51) el giro del proyectil (110) en función de la pluralidad de frecuencias estimadas.
3. El método, según la reivindicación 2, en donde determinar (S51) el giro del proyectil (110) en función de la pluralidad de frecuencias estimadas comprende obtener una distribución (300) de la pluralidad de frecuencias estimadas.
- 25 4. El método, según cualquier reivindicación anterior, donde un intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal (201) es como mucho la mitad de un periodo de rotación esperado del proyectil (110) en el giro más alto esperado para asegurar que una variación de la velocidad radial se observe debido al giro del proyectil capturado en la primera serie temporal (201).
- 30 5. El método, según cualquier reivindicación anterior, en donde el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal (201) es constante, o en donde el intervalo de tiempo entre observaciones en la primera serie temporal (201) es variable.
- 35 6. El método, según cualquier reivindicación anterior, en donde la velocidad radial central (202) define una velocidad radial que se observaría si el proyectil (110) no estuviera girando, en donde la velocidad radial central (202) se calcula (S2) mediante el uso de un filtro de paso bajo, o en donde la velocidad radial central (202) se calcula (S2) mediante el ajuste por partes de una función a la primera serie temporal (201).
- 40 7. El método, según cualquier reivindicación anterior, en donde la segunda serie temporal (203) se extrae (S3) mediante la resta de la velocidad radial central calculada (202) de la primera serie temporal (201).
8. El método, según cualquier reivindicación anterior, en donde estimar (S4) la frecuencia de la segunda serie temporal (203) comprende utilizar un espectro de potencia (400) calculado a partir de la segunda serie temporal (203) como base para una estimación de máxima verosimilitud de la frecuencia, en donde opcionalmente la frecuencia es una frecuencia fundamental.
- 45 9. Un transceptor de radar (100) dispuesto para obtener (S1) una primera serie temporal (201) que comprende observaciones de uno o más parámetros de trayectoria que comprende una velocidad radial de un proyectil (110) relativa al transceptor de radar (100); calcular (S2), a partir de la primera serie temporal (201), una velocidad radial central (202) del proyectil (110); extraer (S3) una segunda serie temporal (203) que comprende una variación de la velocidad radial en la primera serie temporal alrededor de la velocidad radial central calculada (202); estimar (S4) una frecuencia de la segunda serie temporal (203); y determinar (S5) un giro del proyectil (110) en función de la frecuencia estimada de la segunda serie temporal (203).
- 50 10. Un transceptor de radar (100), según la reivindicación 9, dispuesto además para dividir (S31) la segunda serie temporal (203) en una pluralidad de intervalos de tiempo; estimar (S41) una pluralidad de frecuencias de la segunda serie temporal (203), donde cada frecuencia corresponde a un intervalo de tiempo respectivo en la pluralidad de intervalos de tiempo (210a, 210b, 210c); y determinar (S51) el giro del proyectil (110) en función de la pluralidad de frecuencias estimadas, donde opcionalmente el transceptor de radar (100) es un transceptor de radar de onda continua modulada en frecuencia, FMCW.
- 55 11. Un sistema (600) para medir el giro de un proyectil (110), el sistema comprendiendo un transceptor de radar (100), según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10 y al menos un medio (601) de visualización del giro determinado.
- 60 12. Un sistema (600), según la reivindicación 11, que comprende un sensor auxiliar (602), en donde el giro determinado

por el transceptor de radar (100) se combina con datos obtenidos a partir del sensor auxiliar (602).

13. Un sistema (700), que comprende un transceptor de radar (100), según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10 y un procesador (701) dispuesto para ejecutar un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

5 14. Un medio legible por ordenador que almacena un programa informático para operar un transceptor de radar (100), según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, para determinar el giro de un proyectil (110), el programa informático comprendiendo un código informático que, cuando se ejecuta en un circuito de procesamiento del transceptor de radar (100) hace que el transceptor de radar (100) ejecute un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

10 15. Un producto informático para operar un transceptor de radar (100) o un procesador para determinar el giro de un proyectil (110), el producto informático comprendiendo un código informático, que cuando se ejecuta en un circuito de procesamiento del transceptor de radar (100) o en el procesador hace que el circuito de procesamiento o el procesador ejecute un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

15

20

25

30

35

40

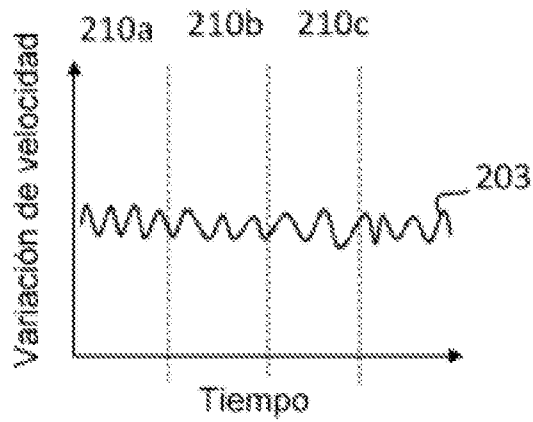
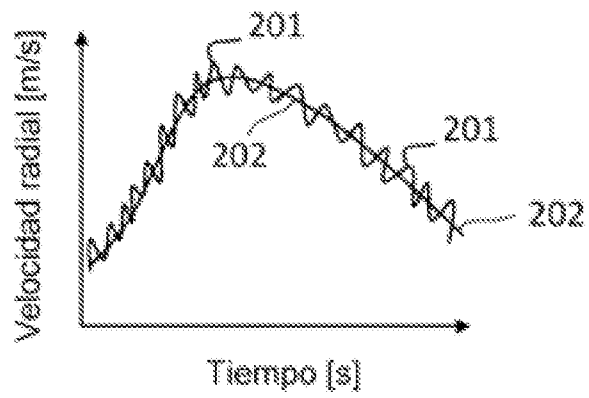
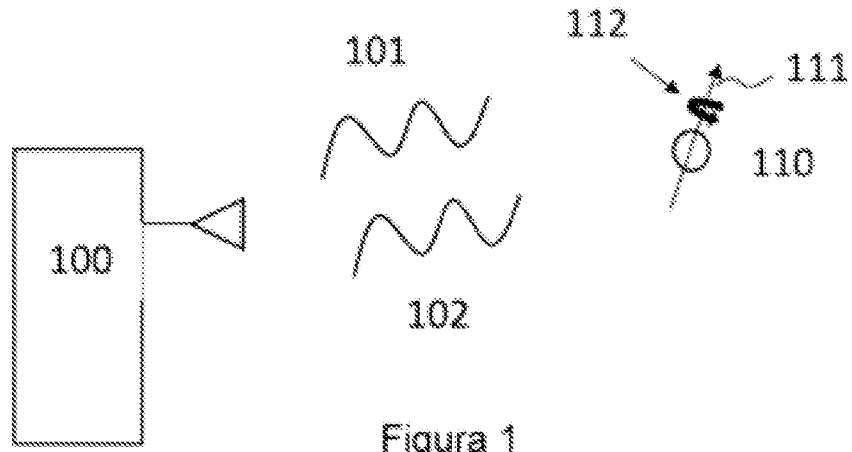
45

50

55

60

65



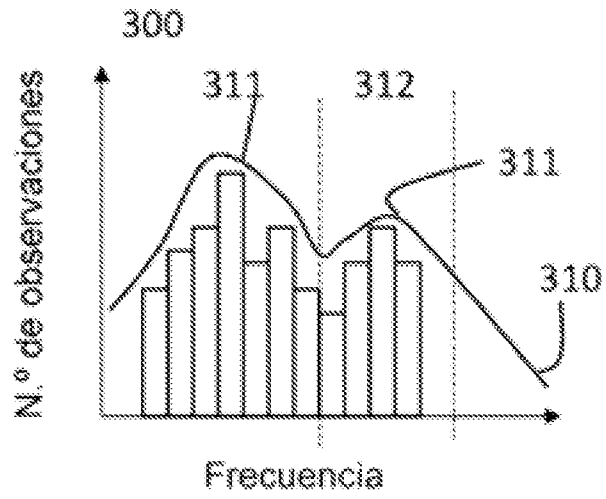


Figura 3

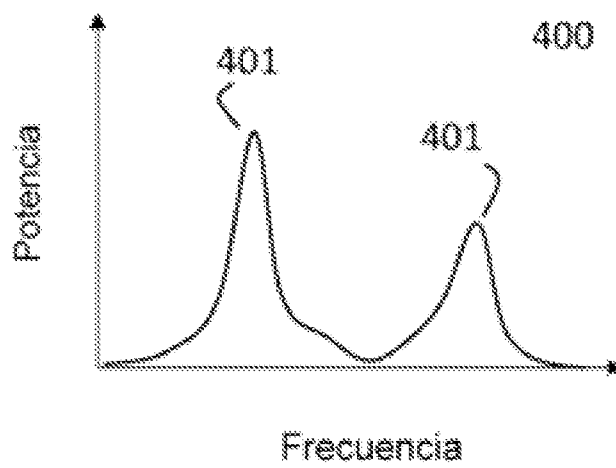


Figura 4

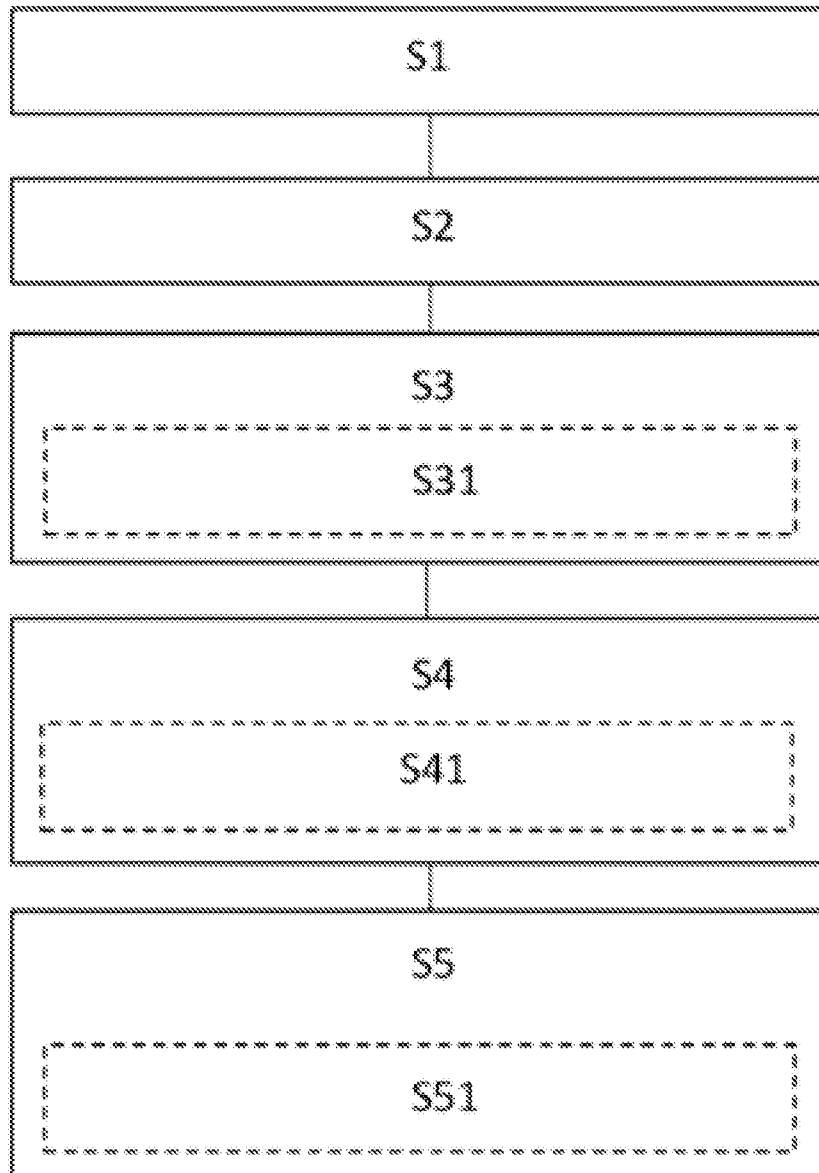


Figura 5

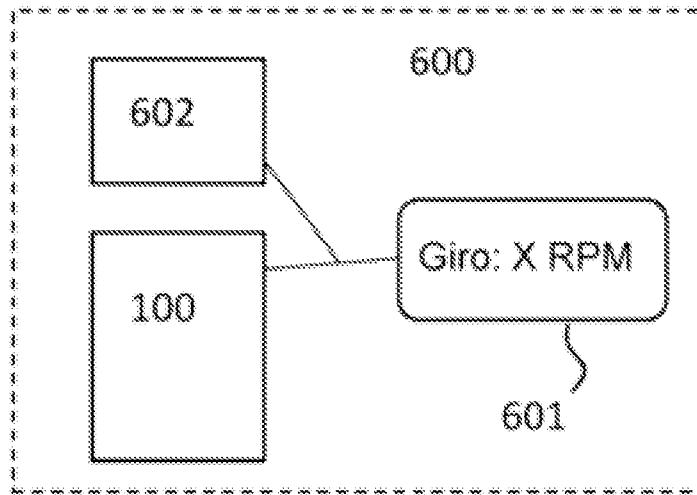


Figura 6

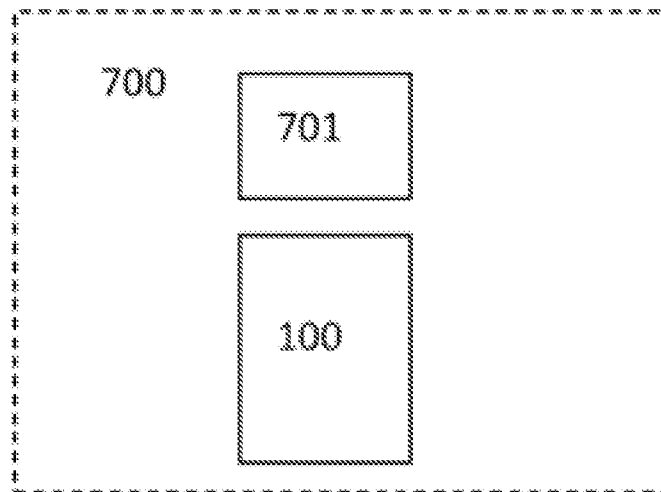


Figura 7