

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 748**

51 Int. Cl.:
G01S 13/90 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09169085 .9**
96 Fecha de presentación: **31.08.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2293100**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.03.2011**

54 Título: **Un sistema de vigilancia para detectar objetivos con alta resolución de amplitud transversal entre objetivos**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.05.2012

73 Titular/es:
THALES NEDERLAND B.V.
Zuidelijke Havenweg 40
7550 GD Hengelo, NL

72 Inventor/es:
Erkocevic-Pribic, Radmila;
Hol, Willem Andries y
Peerdeman, Ton

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 379 748 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

Un sistema de vigilancia para detectar objetivos con alta resolución de amplitud transversal entre objetivos.

La presente invención se refiere a un sistema de vigilancia para detectar objetivos con alta resolución de amplitud transversal entre objetivos. Por ejemplo, la invención es particularmente aplicable a los sistemas de vigilancia aéreos, terrestres y marítimos.

La presente solicitud es una continuación de una solicitud de patente europea presentada por el mismo solicitante el 2 de diciembre de 2008, de cuyo número es EP08170468.6 y cuyo título es "Un sistema de vigilancia que comprende una antena de radar montado en un aspa de un molino de viento". A la que hace referencia a continuación, como "la solicitud anterior". Básicamente, la solicitud anterior describe un sistema de vigilancia para detectar de objetivos, comprendiendo el sistema comprende una antena de radar de apertura sintética (SAR) montada en un aspa de un molino de viento. En particular, una disposición de este tipo permite la estimación de la amplitud transversal entre objetivos con alta resolución cuando se hace girar el aspa. Sin embargo, un inconveniente de tal disposición es que la capacidad SAR no es operativa en ausencia de viento o cuando el viento no es lo suficientemente fuerte como para accionar el aspa en giro, evitando de este modo alta resolución de amplitud transversal.

Las soluciones existentes en base a en antenas de radar estacionarias sugieren mejorar la resolución de amplitud transversal entre objetivos por medio de una técnica de fusión de datos. Por ejemplo, la interferometría puede lograr resultados satisfactorios en varias mediciones que varían en tamaño.

La presente invención pretende proporcionar un sistema que se puede utilizar para proporcionar una resolución de amplitud transversal mejorada entre objetivos, utilizando antenas de radar montadas sobre las aspas de un molino de viento en ausencia de viento. En su forma más general, la invención propone un sistema de vigilancia para detectar objetivos. El sistema comprende al menos una antena de radar montada sobre un aspa de un molino de viento y los medios para aplicar una técnica de detección comprensiva cuando el aspa no gira.

El artículo "Una introducción para la toma de muestras compresiva" (E.J. Candès y M.B. Wakin en la revista IEEE Signal Processing, marzo de 2008) ofrece una buena presentación de las técnicas compresivas.

Ventajosamente, la técnica de detección compresiva aplicada puede comprender una etapa de reconstruir una imagen de amplitud transversal p a una cierta distancia al eje de giro de las aspas del molino de viento. Un vector de medición \underline{s} puede contener las mediciones realizadas por las antenas de radar a rangos oblicuos que corresponden a sus respectivas distancias con respecto a la imagen de amplitud transversal p . La imagen de amplitud transversal p se puede dar por $\underline{p} = E\underline{p} + \underline{z}$, en la que E puede ser una matriz de medición y \underline{z} puede corresponder a las perturbaciones aleatorias. Por ejemplo, la imagen de amplitud transversal p puede entonces estimarse por la optimización de su amplitud.

Preferentemente, la matriz de medición E puede contener un modelo de un eco radar s junto con una geometría que puede determinar las distancias desde antenas de radar a la imagen de amplitud transversal p .

Preferentemente, el modelo de eco radar puede describir el eco radar s en el dominio espectral como una señal transmitida, cuya amplitud y fase pueden modularse.

Por ejemplo, el modelo de eco radar puede ser un modelo de banda estrecha, que puede describir el eco radar s como una réplica retrasada en el tiempo y de desplazamiento Doppler de la señal transmitida.

Por ejemplo, el modelo de eco radar puede ser un modelo de banda ancha, que puede describir el eco radar s por el verdadero efecto Doppler. Por ejemplo, el verdadero efecto Doppler puede describirse ampliando una réplica retardada de la señal transmitida.

Opcionalmente, el modelo de eco radar puede incluir una modulación de amplitud de las mediciones realizadas por las antenas de radar.

Por tanto, una ventaja proporcionada por la presente invención en cualquiera de sus aspectos es que proporciona los mismos o mejores resultados a partir de menos datos que cualquier método de muestreo en base a Nyquist tradicional. Por tanto, la invención proporciona una solución compacta, que se puede aplicar tanto con pocas antenas en varias aspas estacionarias como con una sola antena en una sola aspa giratoria.

Otra ventaja proporcionada por la presente invención en cualquiera de sus aspectos es que es una solución en base a un modelo. Por lo tanto, puede acomodar naturalmente cualquier escenario, mediante la inclusión de las peculiaridades del escenario en el modelo.

Ejemplos no limitantes de la invención se describen a continuación con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la Figura 1 ilustra esquemáticamente, en presencia de viento, la geometría de una configuración básica ejemplar, en el que una sola antena de radar se monta sobre una aspa de un molino de viento, a fin de

- aplicar una técnica de SAR de acuerdo con la técnica anterior;
- la Figura 2 ilustra esquemáticamente, en la ausencia de viento, la geometría de otra configuración, en la que tres antenas de radar ejemplares se montan sobre las aspas de un molino de viento, a fin de aplicar una técnica de detección compresiva de acuerdo con la invención.

5 En las figuras, los mismos signos de referencia se asignan a elementos similares.

La Figura 1 ilustra esquemáticamente la geometría de una configuración básica ejemplar, en la que se monta una sola antena SAR 1 en una sola aspa 2 de un molino de viento. En presencia de viento, la antena 1 se arrastra en giro con una velocidad radial Ω en un plano vertical x-z desde un punto (0,0, L) a un punto (Lsen Ω t, 0, Lcos Ω t) en el tiempo t, siendo L la longitud del aspa 2 y el eje de giro de las aspas del molino de viento estando en (0,0,0). En una imagen de amplitud transversal p(x, z), un objetivo que contiene dispersores individuales 3 a 7 se pueden trasladar con una velocidad constante v en cualquier dirección desde una posición inicial (por ejemplo, un dispersor 3 de T (x₀, y₀, z₀), ubicado en el azimut ϕ , elevación Φ y rango R desde (0,0,0)). Se encuentra en rango inclinado r(t) de la antena 1 en el tiempo t. En el rango de suelo y₀ del objetivo, un barrido en forma de disco S se puede iluminar cuando el aspa 2 se hace girar. El barrido S es la zona en la que se miden datos coherentes. Por lo tanto, cuando se hace girar el aspa 2, la geometría de este sistema SAR ejemplar permite establecer la imagen de amplitud transversal p(x, z) que contiene el objetivo 3, así como otros objetivos 4, 5, 6 y 7 en el barrido S, como se detalla en la solicitud anterior. Desafortunadamente, en la ausencia de viento o cuando el viento no es lo suficientemente fuerte como para conducir el asa en giro, la capacidad SAR no es operativa, evitando de esta manera la estimación de amplitud transversal precisa.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente la geometría de otra configuración ejemplar, en la que tres antenas de radar 1, 8 y 9 se pueden montar en tres aspas 2, 10 y 11 respectivamente. En ausencia de viento, se puede realizar una medición en sólo tres ángulos u₁, u₂ y u₃, correspondientes a tres rangos oblicuos r(u₁), r(u₂) y r(u₃), respectivamente. Sólo se miden unos pocos datos, por lo que no se puede definir un área de barrido y no se podría procesar ningún procesamiento SAR. Sin embargo, la geometría ilustrada por la Figura 2 puede verse como equivalente a la geometría ilustrada por la Figura 1, pero con menores ángulos de medición.

Ventajosamente, la técnica de detección compresiva puede ser capaz de reconstruir una señal desconocida p a partir de tan pocas mediciones s como sean posibles sobre la señal p, ya que esta técnica se basa en la dispersión de señal a p que tiene que reconstruirse, junto con baja coherencia de las medidas a adquirirse. Las técnicas de detección compresivas son métodos iterativos, que se pueden implementar en virtud de los medios de software. En la presente realización de la Figura 2, la baja coherencia mutua de los datos medidos en los ángulos de u₁, u₂ y u₃ está en relación con la configuración conocida de las antenas 1, 8 y 9 montadas sobre las aspas 2, 8 y 9 respectivamente. Por lo tanto, una imagen de amplitud transversal p(x, z) se puede reconstruir a partir de un vector de medición \underline{s} que contienen las mediciones del eco radar s en los tres ángulos u₁, u₂ y u₃. La relación entre p y \underline{s} se puede suponer que es una proyección lineal, como se da por la siguiente relación lineal (1):

$$\underline{s} = E p + \underline{z} \quad (1)$$

en la que E puede ser una matriz de medición y \underline{z} puede corresponder a perturbaciones aleatorias.

La detección compresiva básica puede estimar p mediante la optimización de su amplitud, sin perjuicio de su relación lineal con las mediciones \underline{s} . La detección compresiva avanzada puede permitir también una señal de ruido \underline{s} , así como una dispersión p mejorada. Inicialmente, la dispersión p se puede mejorar ponderado la optimización l₁. La norma- l₁ se puede sustituir también por una norma-l_p menor, en la que 0 < p < 1, ya que puede reducir \underline{s} . Cualquier optimización l_p ponderada se puede resolver también como la optimización l₂ ponderada mediante la elección particular de los pesos. Por último, separar los puntos de las regiones en la proyección de imagen mejorada, podría seguir perfeccionando la optimización l_p ponderada. La coherencia de las mediciones se puede definir como el producto máximo interno entre dos columnas normalizadas diferentes de la matriz de proyección lineal E. Una coherencia extremadamente baja se puede lograr mediante aleatorización adicional de E.

En la presente realización de la Figura 2, una matriz de medición E puede contener ventajosamente un modelo del eco radar s, junto con la geometría que puede determinar las distancias desde el radar. Preferentemente, el modelo de eco radar puede describir la señal recibida s en el dominio espectral, como una señal transmitida, cuya amplitud y fase se modulan. La modulación de fase se origina a partir los retrasos causados por los rangos. Además, el eco radar s puede ser de banda estrecha o de banda ancha. Por ejemplo, un modelo de banda estrecha puede describir el eco radar s como una réplica retrasada en el tiempo y de desplazamiento Doppler de la señal transmitida. Como otro ejemplo, un modelo de banda ancha puede describir el eco radar s por el verdadero efecto Doppler, por ejemplo, mediante la ampliación de una réplica retardada de la señal transmitida. Opcionalmente, el modelo de eco radar puede incluir también la modulación de amplitud de las mediciones, causada por la dirección del haz de antena necesario para la proyección de imágenes de barrido-adaptativo por ejemplo, y / o reflectividad de objetivos en función de las frecuencias de radar y/o ángulos de observación, polarización de la antena, etc.

Por lo tanto, la presente invención permite observar el aire, tierra y mar con una resolución de amplitud transversal mejorada tanto en azimut como en elevación, desde alturas y lugares convenientes de un molino de viento. Vale la pena señalar que nuevos molinos de viento, denominados "aerogeneradores", están disponibles en tales áreas que necesitan reconocimiento y vigilancia en las aplicaciones de seguridad y militares.

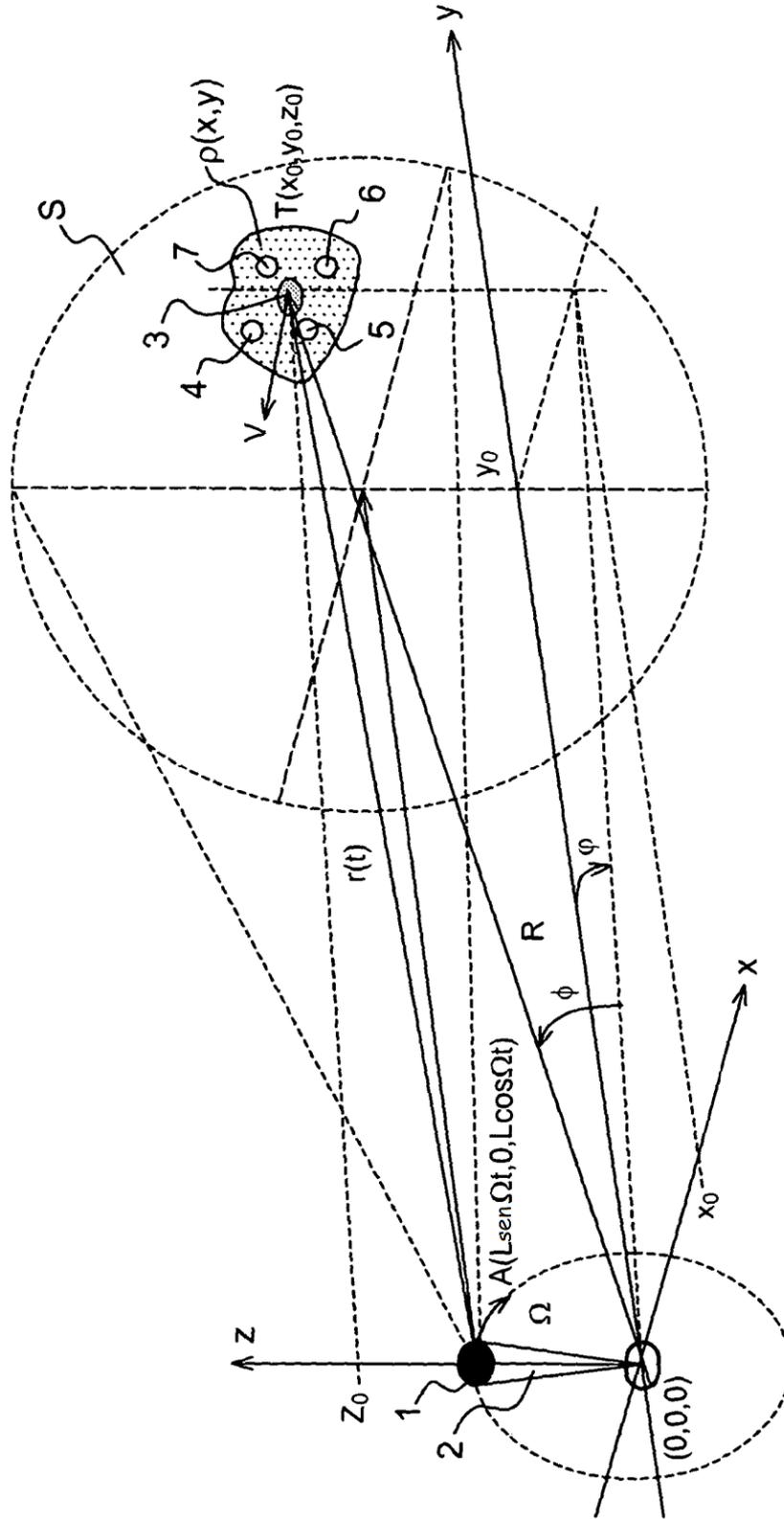
- 5 Una ventaja adicional de la presente invención es que funciona con menos datos que los requeridos por cualquier método de muestreo en base a Nyquist tradicional. Por consiguiente, puede ayudar no sólo en el caso de ángulos de medición menores, sino también en el caso de menores números de onda de radar. La invención se puede utilizar con o sin viento, ya que puede proporcionar resultados comparables a partir de menos datos, si no los mismos resultados.
- 10 Sin embargo, una ventaja adicional proporcionada por la presente invención en cualquiera de sus aspectos es que es una solución en base a un modelo compacto. Por lo tanto, puede adaptarse a cualquier escenario natural, incluyendo las peculiaridades del escenario en el modelo. Por consiguiente, se puede adaptar fácilmente no sólo a menores ángulos de observación producto de la ausencia de viento o producto del giro parcial de las aspas, sino también a un ancho de banda de la señal más estrecho, al tipo de radar (por ejemplo, radar de impulso o radar FMCW), a la modulación de amplitud, al tipo de objetivo, a la configuración del radar, etc.
- 15

Además, la invención permite una clasificación mejorada del objetivo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de vigilancia para detectar objetivos (3, 4, 5, 6, 7), comprendiendo el sistema al menos dos antenas de radar (1) montados en las aspas (2) de un molino de viento, el sistema se **caracteriza porque** comprende medios para aplicar una técnica de detección compresiva cuando las aspas (2) no giran, comprendiendo la técnica de detección compresiva aplicada una etapa de reconstruir una imagen de amplitud transversal p a una cierta distancia (y_0) de las aspas del molino de viento (2, 10, 11), un vector de medición \underline{s} que contiene las mediciones realizadas por las antenas de radar (1, 8, 9) a rangos oblicuos ($r(u_1)$, $r(u_2)$, $r(u_3)$) correspondientes a sus distancias respectivas hasta la imagen de amplitud transversal p , proporcionándose imagen de amplitud transversal p por $s = EP + \underline{z}$, en la que E es una matriz de medición y \underline{z} corresponde a perturbaciones aleatorias, la matriz de medición E que contiene un modelo de un eco radar s junto con una geometría que determina las distancias desde las antenas de radar (1, 8, 9) hasta la imagen de amplitud transversal p .
2. Un sistema de vigilancia de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la imagen de amplitud transversal p se calcula mediante la optimización de su amplitud.
3. Un sistema de vigilancia de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el modelo de eco radar describe el eco radar s en el dominio espectral como una señal transmitida, cuya amplitud y fase se modulan.
4. Un sistema de vigilancia de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el modelo de eco radar es un modelo de banda estrecha, que describe el eco radar s como una réplica retrasada en el tiempo y de desplazamiento Doppler de la señal transmitida.
5. Un sistema de vigilancia de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el modelo de eco radar es un modelo de banda ancha, que describe el eco radar s por el verdadero efecto Doppler.
6. Un sistema de vigilancia de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el verdadero efecto Doppler se describe proyectando una réplica retardada de la señal transmitida.
7. Un sistema de vigilancia de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el modelo de eco radar incluye una modulación de amplitud de las mediciones realizadas por las antenas de radar (1, 8, 9).

25



(TÉCNICA ANTERIOR)

FIG.1

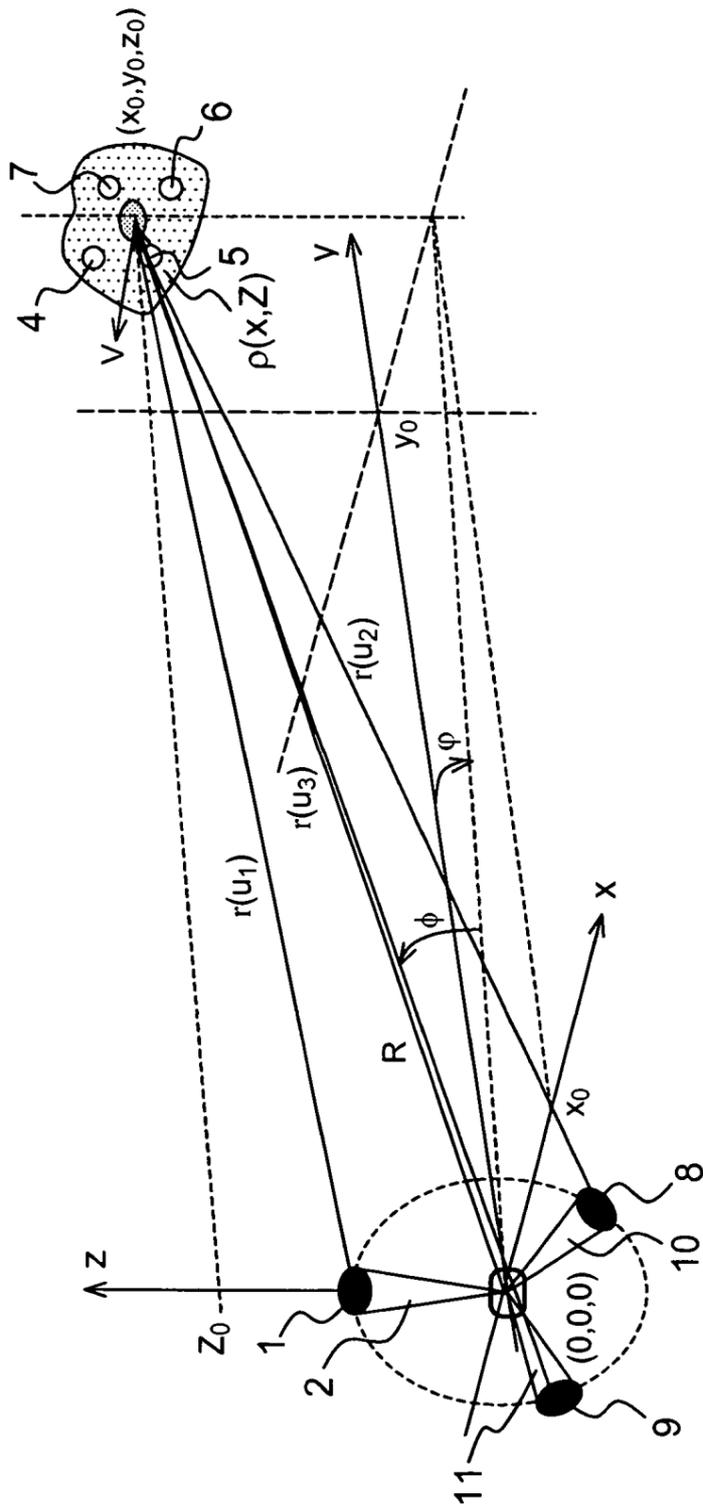


FIG.2