

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 325**

51 Int. Cl.:

G01S 7/03 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

G01S 13/00 (2006.01)

G01S 13/42 (2006.01)

H01Q 3/24 (2006.01)

H01Q 21/20 (2006.01)

H01Q 21/30 (2006.01)

G01S 13/937 (2010.01)

H01Q 1/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2017** **PCT/IB2017/055883**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2018** **WO18073676**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2017** **E 17788303 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020** **EP 3526621**

54 Título: **Sistema de radar**

30 Prioridad:

17.10.2016 IT 201600103880

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

16.03.2021

73 Titular/es:

FINCANTIERI S.P.A. (100.0%)
Via Genova 1
34121 Trieste, IT

72 Inventor/es:

MADIA, FRANCESCO

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 812 325 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

Sistema de radar

5 La presente divulgación se refiere al campo de técnico de sistemas de radar.

Se conoce el equipar vehículos terrestres o barcos, por ejemplo, barcos militares, con sistemas de radar que permiten explorar el espacio circundante para identificar posibles amenazas. Los sistemas de radar también se utilizan para la vigilancia terrestre, por ejemplo en aeropuertos o para vigilar objetivos sensibles.

10 Los sistemas de radar antes mencionados han experimentado una larga evolución a lo largo del tiempo. Para tener un barrido de 360 ° del haz del radar en el plano acimutal, inicialmente se desarrollaron sistemas de radar que comprenden una antena reflectora voluminosa, instalada típicamente en una plataforma giratoria provista a bordo del vehículo. Los sistemas de radar antes mencionados evolucionaron con el tiempo hasta los sistemas de radar más modernos que no proporcionan plataformas giratorias y que, para obtener la mayor visibilidad posible en el plano acimutal, utilizan una pluralidad de antenas de conjunto planar en fase activa. Por ejemplo, se conocen sistemas de radar que proporcionan cuatro antenas de conjunto planar en fase activa, cada una instalada en la cara del mástil de barco sustancialmente en forma de pirámide truncada con una base cuadrangular.

20 Debido a la capacidad de cambiar rápidamente la dirección del haz de manera controlada, los sistemas de radar de conjunto en fase activa permiten que un vehículo, tal como un barco militar, use un solo sistema de radar para detectar y explorar superficies (por ejemplo, para identificar barcos), explorar el espacio aéreo (para identificar aviones y misiles), guiar misiles, controlar dispositivos de artillería.

25 Los radares de conjunto planar en fase activa de la técnica anterior instalados hasta ahora en vehículos tales como barcos militares son típicamente radares monostáticos porque cada antena de conjunto consiste en una pluralidad de módulos de recepción y de transmisión (módulos TX/RX), cada uno de los cuales conmuta secuencialmente en el tiempo entre los dos procedimientos de funcionamiento, transmisión y recepción, respectivamente. Por esta razón, los sistemas de radar de conjunto en fase de la técnica anterior mencionados anteriormente son particularmente costosos. También cabe señalar que en la configuración en la que se proporcionan cuatro antenas de conjunto planar en fase activa, cada una instalada en la cara del mástil de barco sustancialmente con forma de pirámide truncada con una base cuadrangular, tales sistemas de radar no tienen un rendimiento uniforme en todo el plano acimutal porque dicho rendimiento se degrada, en particular, en las direcciones dispuestas frente a las esquinas de la pirámide truncada. En otras palabras, los sistemas de radar de la técnica conocida antes mencionados tienen pérdidas de barrido en el plano horizontal.

35 Un sistema de radar conocido que tiene una forma geométrica cónica se describe en el documento JP H06249945 A. Dicho documento divulga un sistema de radar con módulos TX/RX, en el que hay desfases analógicos en la cadena de recepción para realizar un seguimiento de los haces de recepción. Por esta razón, sistema de radar de este tipo no implementa una conformación de haz digital completa de recepción o una conformación de haz digital. La antena también está dividida en secciones cónicas truncadas horizontales separadas axialmente, cada una de las cuales funciona a una frecuencia respectiva. Un sistema de radar de este tipo tiene el serio inconveniente de no permitir la formación de múltiples haces independientes y no permite controlar la amplitud en la superficie del cono truncado, generando así haces con altos lóbulos laterales.

40 La solicitud de patente internacional WO2015/104728A1 describe un sistema de radar biestático en el que la antena de transmisión tiene una geometría cilíndrica o cónica y comprende un conjunto de columnas de módulos de transmisión activos. La antena de recepción tiene una geometría cónica y comprende un conjunto de columnas de módulos de recepción. La antena de transmisión está axialmente separada de la antena de recepción.

45 Aunque el sistema de radar descrito en el documento WO2015/104728A1 supera los inconvenientes de la técnica anterior indicada anteriormente, existe la necesidad de fabricar un sistema de radar que sea estructuralmente menos complejo y menos costoso que el sistema de radar descrito en el documento WO2015/104728A1. El documento US 2010/0066590 A1 divulga un sistema de radar con conjuntos de transmisión y recepción interpuestos circunferencialmente excitados a una sola frecuencia.

50 Es un objetivo general de la presente descripción proporcionar un sistema de radar que tenga el rendimiento más uniforme posible en el plano acimutal y una estructura menos compleja y menos costosa que la del sistema de radar descrito en el documento WO2015/104728A1. Este y otros objetivos se logran por medio de un sistema de radar como el definido en la reivindicación principal en el modo de realización más general del mismo, así como en las reivindicaciones dependientes de la misma en determinados modos de realización particulares del mismo.

La invención se entenderá mejor a partir de la siguiente descripción detallada de los modos de realización de la misma, dada a modo de ejemplo y, por lo tanto, no limitativa de ninguna manera en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 – la figura 1 muestra un diagrama de bloques funcional de un modo de realización de un sistema de radar que comprende una antena de transmisión y una antena de recepción;
- la figura 2 muestra una vista tridimensional de un posible modo de realización de una parte del sistema en la figura 1;
- 10 – la figura 3 muestra un diagrama simplificado de un modo de realización de un conjunto lineal de elementos de antena de recepción de la antena de recepción del sistema de radar de la figura 1;
- la figura 4 muestra un diagrama simplificado de un modo de realización de un conjunto lineal de elementos de antena de transmisión de la antena de transmisión del sistema de radar de la figura 1;
- 15 – la figura 5 muestra un diagrama polar, obtenido mediante pruebas experimentales, que representa los haces de transmisión y los haces de recepción de las antenas del sistema de radar de las figuras 1 y 2, en un plano acimutal;
- 20 – la figura 6 muestra un diagrama, obtenido mediante pruebas experimentales, que representa los haces de transmisión y determinados haces de recepción de las antenas del sistema de radar de las figuras 1 y 2;
- la figura 7 muestra una embarcación que comprende el sistema de radar de las figuras 1 y 2;
- 25 – la figura 8 muestra un vehículo terrestre que comprende el sistema de radar de las figuras 1 y 2;
- la figura 9 es un sistema de vigilancia terrestre que comprende el sistema de radar de las figuras 1 y 2.

30 Los elementos iguales o similares se indican con los mismos números en las figuras adjuntas.

Las figuras muestran un modo de realización preferente, pero no limitativo, de un sistema de radar 1 que comprende una antena de transmisión y una antena de recepción. En el ejemplo particular representado, y sin ninguna limitación, el sistema de radar 1 es un radar de una embarcación militar, por ejemplo, un barco militar. Sin embargo, debe observarse que las enseñanzas de la presente descripción pueden aplicarse sin limitaciones al campo particular de uso del sistema de radar 1. De hecho, el sistema de radar 1 que forma el objetivo de la presente divulgación también se puede usar, por ejemplo, en el campo de las telecomunicaciones, la navegación civil o los instrumentos de medición científicos.

40 El sistema de radar 1 es, por ejemplo, un sistema de radar de banda X y es tal que transmite señales a una frecuencia portadora que oscila entre 9 GHz y 11 GHz, por ejemplo igual a 10 GHz. El ancho de banda del sistema de radar 1, en banda base o en frecuencia intermedia, oscila, por ejemplo, entre 30 MHz y 60 MHz, y es, por ejemplo, igual a 40 MHz.

45 El sistema de radar 1 comprende una antena de transmisión que comprende una pluralidad de conjuntos lineales t_1 - t_4 de elementos de antena de transmisión 20 dispuestos en una generatriz de un cono truncado o en una superficie cilíndrica. En el ejemplo particular representado en las figuras 2 y 4, los elementos de antena de transmisión 20 mostrados en la figura 4 están dispuestos en una generatriz de un cono truncado. De acuerdo con un modo de realización preferente, el cono truncado antes mencionado tiene un ángulo sólido de apertura que varía entre 5 ° y 20 °, incluidos los extremos. Por ejemplo, un ángulo sólido de apertura de este tipo es igual, o aproximadamente igual, a 8 °.

50 El sistema de radar 1 comprende una antena de recepción que comprende una pluralidad de grupos g_1 - g_4 de conjuntos lineales de r_{11} - r_{1n} , ..., r_{41} - r_{4n} de elementos de antena de recepción 10 dispuestos en la generatriz del cono truncado o en la superficie cilíndrica, donde cada grupo g_1 - g_4 de conjuntos lineales r_{11} - r_{1n} , ..., r_{41} - r_{4n} de elementos de antena de recepción 10 está interpuesto circunferencialmente entre un primer y un segundo conjunto lineal de elementos de antena de transmisión 20. En el ejemplo particular representado en las figuras 2 y 3, los elementos de antena de recepción 10 mostrados en la figura 3 están dispuestos en la generatriz del cono truncado en el que también están dispuestos los elementos de antena de transmisión 20.

60 El sistema de radar 1 comprende además un bloque generador de señales 2 conectado de forma operativa a la antena de transmisión y adaptado para alimentar la antena de transmisión, en particular cada uno de los conjuntos lineales t_1 - t_4 de elementos de antena de transmisión.

El bloque generador de señales 2 está adaptado y configurado para alimentar la antena de transmisión de modo que el primer y segundo conjuntos lineales de elementos de antena de transmisión emitan, preferentemente de forma simultánea, una primera y una segunda radiación electromagnética, respectivamente, a una primera y una segunda frecuencias diferentes entre sí. Dichas primera y segunda radiaciones electromagnéticas tienen un haz con un ángulo de apertura limitado en el plano acimutal, por ejemplo igual a 90° o aproximadamente igual a 90° . Ángulo de apertura significa un ángulo en el que la amplitud del haz es sustancialmente uniforme. Las frecuencias mencionadas anteriormente están preferentemente separadas entre sí en una distancia que oscila entre 5 MHz y 15 MHz y, por ejemplo, igual a 10 MHz.

Preferentemente, como en el ejemplo representado en la figura 1, la antena de transmisión comprende cuatro conjuntos lineales t_1 - t_4 de elementos de antena de transmisión 20 orientados de dos en dos a lo largo de direcciones opuestas y dispuestos en posiciones diametralmente opuestas entre sí. Por ejemplo, los conjuntos lineales t_1 - t_4 de elementos de antena de transmisión 20 que están dispuestos en posiciones diametralmente opuestas emiten radiaciones electromagnéticas a la misma frecuencia. Por ejemplo, los conjuntos lineales t_1 , t_3 de la antena de transmisión emiten radiaciones a la misma frecuencia f_1 , mientras que los conjuntos lineales t_2 , t_4 emiten radiaciones electromagnéticas t_2 , t_4 a la misma frecuencia f_2 , que es diferente de la frecuencia f_1 . En un modo de realización alternativo, en cualquier caso, se puede hacer que los conjuntos lineales t_1 - t_4 de la antena de transmisión emitan radiaciones electromagnéticas que tienen todas las frecuencias diferentes entre sí. Además, en el ejemplo particular representado, el bloque generador de señales 2 comprende una pluralidad de módulos de transmisión independientes tx_1 - tx_4 , cada uno conectado de forma operativa a un conjunto lineal respectivo t_1 - t_4 de la antena de transmisión. En un modo de realización alternativo, en cualquier caso, se puede hacer que un módulo de transmisión tx_1 - tx_4 se conecte de forma operativa a una pluralidad de conjuntos lineales de la antena de transmisión.

En el ejemplo particular representado, la antena de recepción comprende cuatro grupos de conjuntos lineales de elementos de antena de recepción, indicados como g_1 , g_2 , g_3 , g_4 respectivamente. Los conjuntos lineales r_{11} - r_{1n} de los elementos de antena de recepción del grupo g_1 son contiguos entre sí y forman conjuntamente un grupo g_1 de conjuntos interpuestos entre el conjunto lineal t_1 de elementos de antena de transmisión y el conjunto lineal t_2 de elementos de antena de transmisión. Los conjuntos lineales r_{21} - r_{2n} del grupo g_2 son contiguos entre sí y forman conjuntamente un grupo g_2 de conjuntos interpuestos entre el conjunto lineal t_2 de elementos de antena de transmisión y el conjunto lineal t_3 de elementos de antena de transmisión y así sucesivamente para los dos grupos restantes g_3 , g_4 de conjuntos del ejemplo representado en las figuras.

De acuerdo con un modo de realización preferente, si hay cuatro conjuntos lineales t_1 - t_4 de elementos de antena de transmisión, los conjuntos mencionados anteriormente están separados angularmente, de dos en dos, en 90° .

De acuerdo con un posible modo de realización no limitativo, el número de conjuntos lineales que forman la antena de recepción es mucho mayor que el número de conjuntos lineales t_1 - t_4 que forman la antena de transmisión. Por ejemplo, la antena de transmisión comprende cuatro conjuntos lineales t_1 - t_4 de elementos de antena de transmisión. Por ejemplo, cada uno de los conjuntos lineales t_1 - t_4 mencionados anteriormente comprende ocho o dieciséis elementos de antena de transmisión. Es evidente que al aumentar o disminuir el número de elementos de antena de transmisión en un mismo conjunto lineal, la amplitud en la elevación de los haces transmitidos disminuye o aumenta. En este ejemplo, la antena de recepción comprende doscientos dieciséis conjuntos lineales de elementos de antena de recepción; por ejemplo, cada conjunto lineal en la antena de recepción también comprende ocho o dieciséis elementos de antena de recepción.

De acuerdo con un modo de realización preferente y no limitativo, los conjuntos lineales de la antena de recepción y/o de la antena de transmisión comprenden elementos de antena que son elementos radiantes de guía de onda como se describe en general, o de acuerdo con modos de realización particulares, en la solicitud de patente internacional WO2016128886 A1 incorporado en su totalidad en el presente documento como referencia.

Preferentemente, cada uno de los conjuntos lineales tanto de la antena de transmisión como de la antena de recepción es un bloque modular que es físicamente independiente de los demás, que se monta dentro de una estructura de soporte 27 que comprende dos placas circulares o, como en el ejemplo representado, dos anillos 28, 29. Dichos anillos 28, 29 están separados axialmente entre sí y, por ejemplo, están fijados entre sí por medio de una pluralidad de elementos espaciadores, por ejemplo, por medio de una pluralidad de columnas verticales. De acuerdo con un modo de realización, la estructura de soporte 27 mencionada anteriormente está cubierta, al menos parcialmente, con un radomo (no mostrado en las figuras) superpuesto y preferentemente en contacto con los elementos de antena de recepción y de transmisión, y que está hecho convenientemente de un material adaptado para actuar como un filtro de paso de banda para la porción del espectro de frecuencia involucrado. Por ejemplo, el radomo está hecho de Kevlar o fibra de vidrio, y tiene la forma de un cono truncado. Preferentemente, el radomo se extiende axialmente entre los dos anillos 28, 29.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques general de uno de los conjuntos lineales de la antena de recepción, en el ejemplo, el conjunto lineal r_{11} . Los conjuntos lineales restantes de la antena de recepción son completamente idénticos o similares. Un conjunto lineal r_{11} de este tipo comprende una pluralidad de elementos de antena de recepción 10 dispuestos en una estructura de alojamiento 12. El conjunto lineal r_{11} comprende un acoplador de potencia de guía de onda 11 que tiene una pluralidad de puertos de entrada, cada uno conectado a un elemento de antena de recepción 10 respectivo y que tiene un puerto de salida de guía de onda 13. El puerto de salida 13 está conectado preferentemente a un módulo analógico de conversión descendente de frecuencia 14, adaptado para convertir una señal de eco de radar de radiofrecuencia capturada por el conjunto lineal r_{11} en frecuencia, por ejemplo para llevarla a una frecuencia intermedia. Dicha frecuencia intermedia es, por ejemplo, igual o aproximadamente igual a 1 GHz. En el ejemplo, el módulo de conversión descendente de frecuencia 14 comprende, en secuencia, un amplificador analógico 15, por ejemplo, un LNA 15, un filtro 16 y un mezclador 17. El módulo analógico de conversión descendente de frecuencia 14 está adaptado y configurado para suministrar una señal de salida analógica de eco de radar a frecuencia intermedia. Para realizar la conversión a frecuencia intermedia, el mezclador 17 recibe una señal de entrada STALO (oscilador local estable) S_o . Por ejemplo, dicha señal S_o es idéntica para cada uno de los módulos de conversión 14 asociados a los diferentes conjuntos lineales de la antena de recepción y es suministrada a dichos módulos por el bloque generador de señales 2.

El módulo de conversión descendente de frecuencia 14 puede estar alojado en la estructura de alojamiento 12 o puede estar dispuesto fuera de dicha estructura 12, en un contenedor dedicado dispuesto lo más cerca posible de dicha estructura 12, por ejemplo directamente fijado a la misma.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques general de uno de los conjuntos lineales de la antena de transmisión, en el ejemplo el conjunto lineal t_1 . Los conjuntos lineales restantes de la antena de transmisión son completamente idénticos o similares. Dicho conjunto lineal t_1 comprende una pluralidad de elementos de antena de transmisión 20 dispuestos en una estructura de alojamiento 22. El conjunto lineal t_1 comprende un divisor de potencia de guía de ondas 21 que tiene una pluralidad de puertos de salida, cada uno conectado a un elemento de antena de transmisión respectivo 20 y que tiene un puerto de entrada de guía de ondas 23. El puerto de entrada 23 está conectado al generador de señales 2, y en particular al módulo de transmisión tx_1 . Con referencia a las figuras 3 y 4, cabe señalar que, de forma ventajosa en cuanto a la estructura, la parte de guía de ondas de los conjuntos lineales de la antena de transmisión, es decir, los elementos de antena 20 y el divisor 21, puede ser idéntica o completamente similar a la parte de guía de ondas, que incluye los elementos de antena 10 y el acoplador 11, de los conjuntos lineales de la antena de recepción. Lo mismo se aplica a la estructura de alojamiento 12, 22.

El sistema de radar 1 comprende además un procesador de señales de eco de radar drx, 4 conectado de forma operativa a la antena de recepción, en particular conectado a cada uno de los conjuntos lineales de elementos de antena de recepción. El procesador de señales de eco de radar drx, 4 comprende preferentemente una pluralidad de módulos de procesamiento digital drx. Si dichos módulos de procesamiento digital drx son módulos de un solo canal, se proporciona un módulo de procesamiento digital dedicado drx para cada conjunto lineal de la antena de recepción. En cambio, si dichos módulos de procesamiento digital drx son módulos multicanal, varios conjuntos lineales de la antena de recepción pueden estar asociados, por ejemplo, cuatro u ocho, a un único módulo de procesamiento digital multicanal. En este caso, el procesamiento de las señales de eco de radar se produce convenientemente en paralelo en los diferentes canales.

De acuerdo con un modo de realización preferente, los módulos de procesamiento digital drx están fijados a una estructura de soporte y fijación 30 que está axialmente separada con respecto a los conjuntos lineales de la antena de transmisión y de la antena de recepción. Dicha estructura 30 es, por ejemplo, una estructura en forma de disco o anillo.

De acuerdo con un modo de realización ventajoso, el procesador de señales de eco de radar drx, 4 comprende un bloque de conformación de haz digital completa 4 conectado de forma operativa a la antena de recepción y adecuado y configurado para sintetizar digitalmente una pluralidad de haces de recepción simultáneos e independientes. En el ejemplo, un bloque de conformación de haz digital completa 4 de este tipo está conectado a los módulos de procesamiento digital drx. De forma ventajosa, cada haz de recepción se sintetiza procesando señales de eco de radar recibidas por una pluralidad de conjuntos lineales de elementos de antena de recepción consecutivos entre sí. Por ejemplo, si un haz de recepción debe tener una amplitud de 2° en el plano acimutal, y en el supuesto de usar doscientos dieciséis conjuntos lineales para la antena de recepción, cada haz de recepción se sintetiza procesando las señales de eco de radar suministradas por setenta y dos conjuntos lineales de la antena de recepción.

De acuerdo con un modo de realización, en cuanto a la síntesis de al menos uno de dichos haces de recepción, los conjuntos lineales consecutivos entre sí de la antena de recepción pertenecen a dos grupos distintos g_1 - g_4 de conjuntos lineales de la antena de recepción. Por ejemplo, se hace referencia a la figura 5, que muestra un diagrama de radiación polar en el plano acimutal que muestra los cuatro haces b_{t_1} - b_{t_4} transmitidos por los cuatro conjuntos lineales t_1 - t_4 de la antena de transmisión, cada uno con una amplitud de 90° , y ciento ochenta haces de recepción que se sintetizarán si se obtienen haces de recepción con una amplitud de 2° . Tres de

dichos haces de recepción están designados como b_{r12} , b_{r17} , br_{1n} . El haz de recepción b_{r12} está centrado en el conjunto lineal r_{12} de la antena de recepción. Para obtener dicho haz de recepción b_{r12} , puede usarse, por ejemplo, un número dado de conjuntos lineales de la antena de recepción dispuestos en lados opuestos con respecto al conjunto lineal r_{12} , por ejemplo treinta y seis conjuntos lineales dispuestos en uno lado y treinta y seis conjuntos lineales dispuestos en el lado opuesto. Por lo tanto, es evidente que las señales de eco de radar se usan para sintetizar el haz de recepción b_{r12} que son capturados por conjuntos lineales de la antena de recepción que pertenecen tanto al grupo $g1$ como al grupo $g2$. De acuerdo con un posible modo de realización, para tener rendimientos aún más uniformes en el plano acimutal, un circulador puede estar asociado a los conjuntos lineales t_1 - t_4 de la antena de transmisión para usar los pocos conjuntos lineales t_1 - t_4 de la antena de transmisión, en este caso cuatro, también como conjuntos lineales adicionales de la antena de recepción. En cualquier caso, cabe señalar cómo una solución de este tipo enfocada en el hardware es mucho menos compleja con respecto a las soluciones de la técnica conocida que proporcionan antenas de conjunto planar en fase con módulos Tx/Rx, es decir, antenas en las que todos los elementos de antena de transmisión son también elementos de antena de recepción.

La figura 6 es muy similar a la figura 5 y difiere de la misma debido al formato del gráfico; en este caso, el gráfico es un gráfico cartesiano y no un gráfico polar, y en ese sentido solo se muestran dos grupos de haces de recepción sintetizados digitalmente b_r .

De acuerdo con un modo de realización, los conjuntos lineales de la antena de recepción están adaptados y configurados para recibir señales de eco de radar resultantes de la reflexión sobre un objetivo de dichas primera y segunda radiaciones electromagnéticas. El procesador de señales de eco de radar está adaptado y configurado para:

- muestrear dichas señales de eco de radar recibidas para obtener señales digitales;
- llevar a cabo un filtrado digital que permite extraer de dichas señales digitales un conjunto de muestras digitales que contiene información relacionada con pulsos transmitidos por el primer conjunto lineal de elementos de antena de transmisión y un conjunto de muestras digitales que contiene información relacionada con pulsos transmitidos por el segundo conjunto lineal de elementos de antena de transmisión.

Las muestras digitales mencionadas anteriormente se transmiten al bloque de conformación de haz digital completa 4 por medio de la síntesis de los haces de recepción.

Las operaciones de muestreo y filtrado mencionadas anteriormente son realizadas, por ejemplo, por los módulos de procesamiento digital drx. El filtrado digital mencionado anteriormente es, por ejemplo, un filtrado FIR.

Preferentemente, si los conjuntos lineales de la antena de recepción comprenden un módulo de conversión descendente de frecuencia 14 adaptado para convertir las señales de eco de radar recibidas en señales analógicas de frecuencia intermedia, como se describió anteriormente, el módulo de procesamiento digital drx mencionado anteriormente es tal que muestrea las señales analógicas de frecuencia intermedia mencionadas anteriormente.

El sistema de radar 1 comprende preferentemente un bloque 3 para planificar actividades de radar adaptadas para controlar el bloque generador de señales 2 y el procesador de señales de eco de radar drx, 4.

Como se explicó anteriormente, el bloque de conformación de haz digital completa 4 está adaptado para recibir como entrada y procesar numéricamente las muestras digitales obtenidas de las señales de eco de radar recibidas por la antena de recepción. En particular, dicho bloque 4 comprende un procesador digital que, al recibir coeficientes de peso de entrada W , está configurado y adaptado para calcular diversas combinaciones lineales ponderadas de las muestras digitales mencionadas anteriormente.

De acuerdo con un modo de realización, el sistema de radar 1 comprende un procesador digital de señales de radar 6 conectado de forma operativa al planificador 3 y al bloque de conformación de haz digital completa 4, y adaptado para proporcionar a este último los coeficientes de peso W y recibir las combinaciones lineales de entrada ponderadas calculadas. Todas las combinaciones lineales corresponden a un haz de antena de recepción. El número de pulsos y la temporización de transmisión se planifican por medio del bloque planificador 3 de acuerdo con la actividad de radar en curso, que se actualiza automáticamente de acuerdo con las operaciones de procesamiento del procesador digital de señales de radar 5.

Además del procesador digital de señales de radar 5, el sistema de radar 1 puede proporcionarse para comprender también un procesador de datos 6 conectado de forma operativa al procesador de señales 5, y una consola de comandos y control 7 conectada de forma operativa al procesador de datos 6.

Con referencia al ejemplo representado en la figura 7, el sistema de radar 1 descrito anteriormente puede instalarse a bordo de una embarcación 70, como por ejemplo un barco; preferentemente, puede instalarse en una plataforma estabilizada mecánicamente.

5 Con referencia a la figura 8, cabe señalar que un sistema de radar 1 del tipo descrito anteriormente puede instalarse a bordo de un vehículo terrestre 60, por ejemplo en la parte superior de un eje telescópico 61. En el ejemplo particular representado, el vehículo terrestre 60 antes mencionado es un camión provisto de un espacio que puede ocuparse para alojar una consola de comandos y control y, posiblemente, los otros aparatos de hardware/software adaptados para procesar señales asociadas al funcionamiento del sistema de radar 1.

10 Finalmente, la figura 9 muestra otra posible aplicación, en la que el sistema de radar 1 se fija al suelo o a un edificio, por ejemplo en la parte superior de un poste de soporte 70.

15 De acuerdo con lo descrito anteriormente, puede entenderse por tanto cómo un sistema de radar del tipo descrito anteriormente permite lograr, con respecto a la técnica anterior, los objetivos mencionados anteriormente. De hecho, el sistema de radar propuesto es relativamente menos complejo y menos costoso, y puede fabricarse fácilmente de forma modular, ya que muchas partes son similares entre sí. Además, como se puede deducir de las figuras 5 y 6, la uniformidad del rendimiento en el plano acimutal es sorprendente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de radar (1), que comprende:

- una antena de transmisión que comprende una pluralidad de conjuntos lineales (t_1 - t_4) de elementos de antena de transmisión (20) dispuestos en una generatriz de un cono truncado o en una superficie cilíndrica;

- un bloque generador de señales (2) conectado de forma operativa a la antena de transmisión y adaptado para alimentar la antena de transmisión;

- una antena de recepción que comprende una pluralidad de grupos (g_1 - g_4) de conjuntos lineales (r_{11} - r_{1n} , ..., r_{41} - r_{4n}) de elementos de antena de recepción (10) dispuestos en la generatriz del cono truncado o en la superficie cilíndrica, donde cada grupo (g_1 - g_4) de conjuntos lineales de elementos de antena de recepción está interpuesto circunferencialmente entre un primer y un segundo conjunto lineal de elementos de antena de transmisión;

- un procesador de señales (drx, 4) conectado de forma operativa a la antena de recepción,

donde el bloque generador de señales (2) está adaptado y configurado para alimentar la antena de transmisión de modo que el primer y el segundo conjunto lineal de elementos de antena de transmisión emitan respectivamente una primera y una segunda radiación electromagnética a una primera y una segunda frecuencia diferentes entre sí.

2. Un sistema de radar (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la antena de transmisión tiene cuatro conjuntos lineales (t_1 - t_4) de elementos de antena de transmisión (20) orientados de dos en dos a lo largo de direcciones opuestas y dispuestos en una posición diametralmente opuesta entre sí.

3. Un sistema de radar (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los conjuntos lineales (t_1 - t_4) de elementos de antena de transmisión (20) que están dispuestos en posiciones diametralmente opuestas emiten radiaciones electromagnéticas a la misma frecuencia.

4. Un sistema de radar (1) de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en el que los conjuntos lineales (t_1 - t_4) de elementos de antena de transmisión están separados angularmente, de dos en dos, en 90° .

5. Un sistema de radar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el procesador de señales comprende un bloque de conformación de haz digital completa (4) adaptado y configurado para sintetizar digitalmente una pluralidad de haces de recepción simultáneos e independientes.

6. Un sistema de radar (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que cada haz de recepción se sintetiza procesando señales proporcionadas por una pluralidad de conjuntos lineales de elementos de antena de recepción consecutivos entre sí.

7. Un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 6, en el que para al menos uno de dichos haces de recepción los conjuntos lineales consecutivos entre sí pertenecen a dos grupos distintos (g_1 - g_4) de conjuntos lineales de la antena de recepción.

8. Un sistema de radar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los conjuntos lineales de la antena de recepción están adaptados y configurados para recibir señales de eco de radar que resultan de la reflexión sobre un objetivo de dichas primera y segunda radiaciones electromagnéticas y en el que el procesador de señales de eco de radar está adaptado y configurado para:

- muestrear dichas señales de eco de radar recibidas para obtener señales digitales;

- llevar a cabo un filtrado digital que permite extraer de dichas señales digitales un conjunto de muestras digitales que contiene información relacionada con pulsos transmitidos por el primer conjunto lineal de elementos de antena de transmisión y un conjunto de muestras digitales que contiene información relacionada con pulsos transmitidos por el segundo conjunto lineal de elementos de antena de transmisión.

9. Un sistema de radar (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los conjuntos lineales de la antena de recepción comprenden un módulo de conversión descendente de frecuencia (14) adaptado para convertir dichas señales de eco de radar recibidas en señales analógicas de frecuencia intermedia, en el que dicho módulo de procesamiento digital es tal que muestrea dichas señales analógicas de frecuencia intermedia.

- 10.** Un sistema de radar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el número de conjuntos lineales de la antena de recepción es mucho mayor que el número de conjuntos lineales de la antena de transmisión.
- 5 **11.** Un sistema de radar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la primera y la segunda radiación electromagnética se emiten simultáneamente.
- 10 **12.** Una embarcación (50), que comprende al menos un sistema de radar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 10 **13.** Un vehículo terrestre (60), que comprende al menos un sistema de radar (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

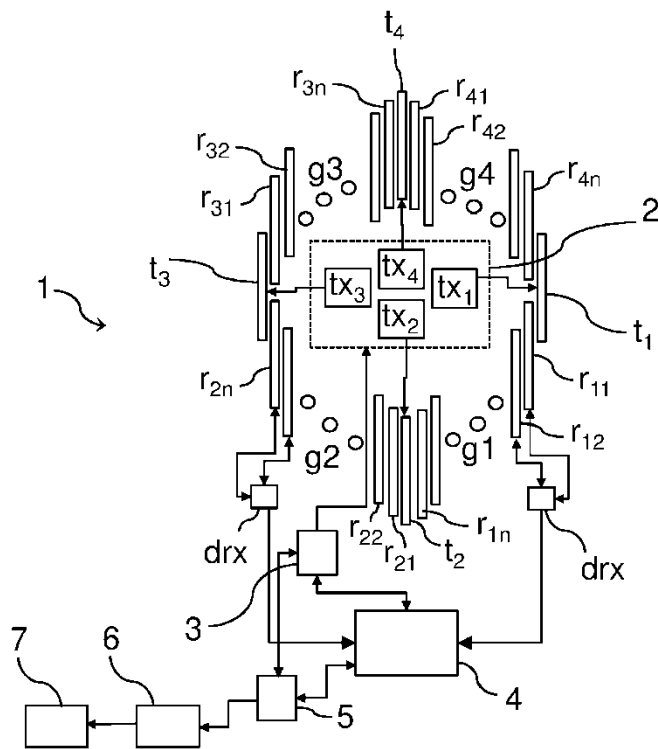


FIG. 1

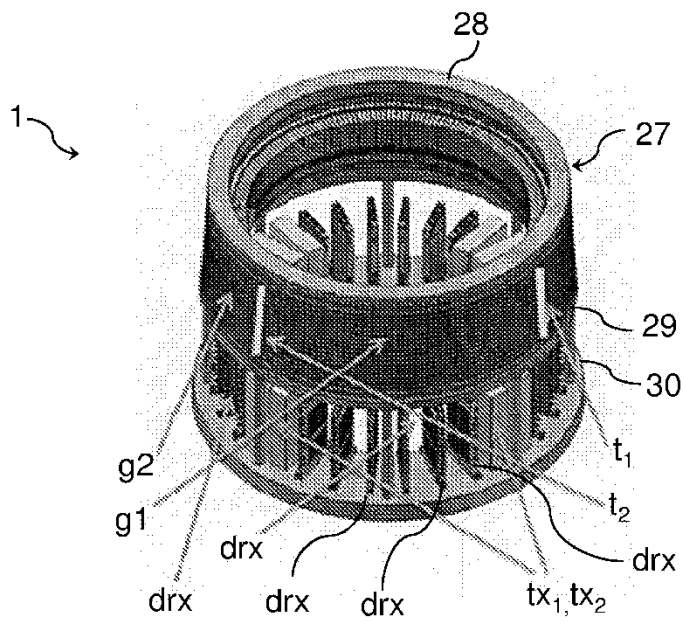


FIG. 2

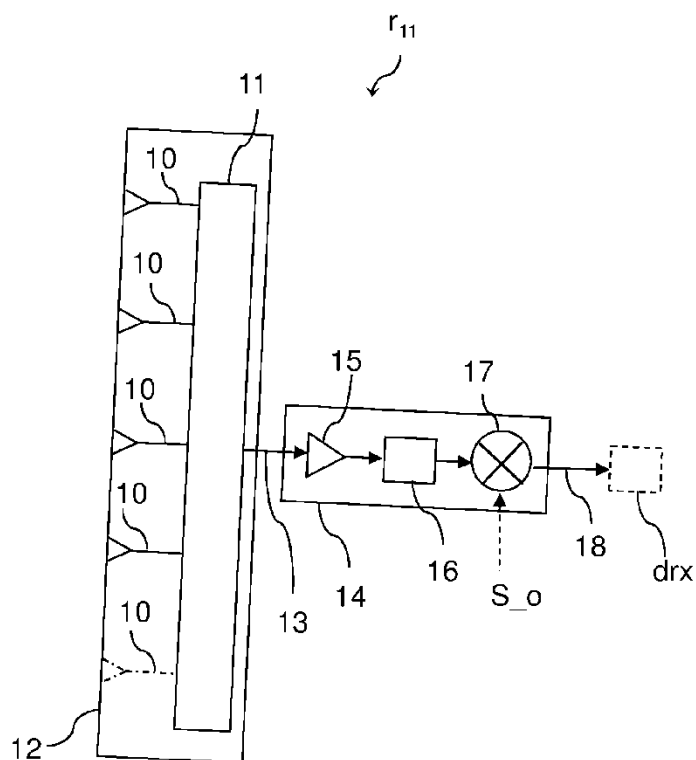


FIG. 3

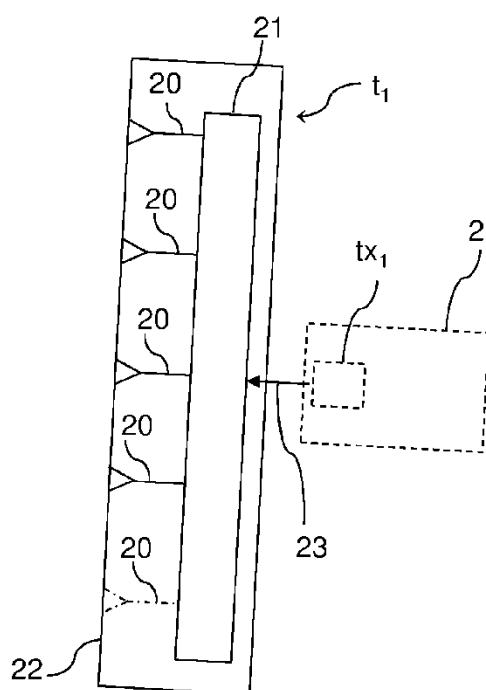


FIG. 4

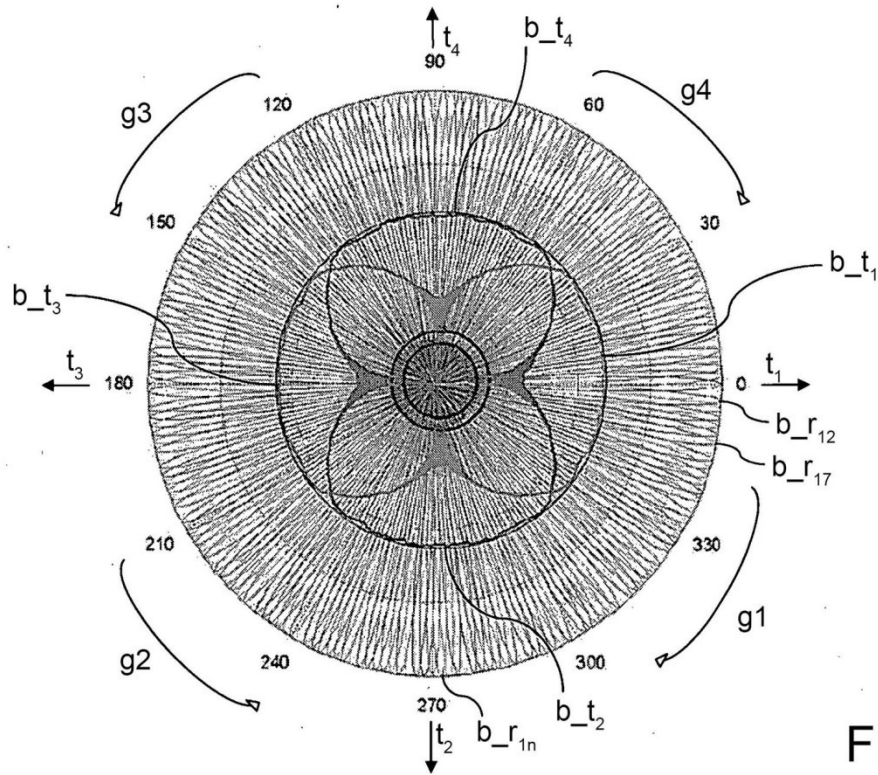


FIG. 5

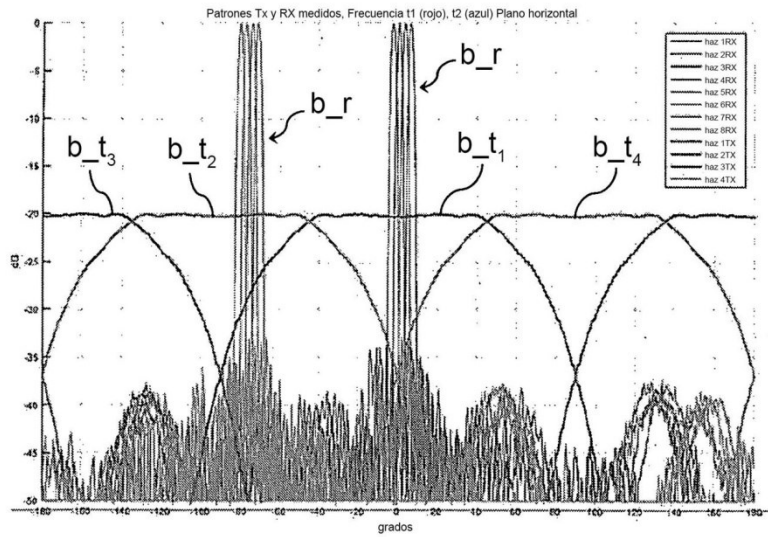


FIG. 6

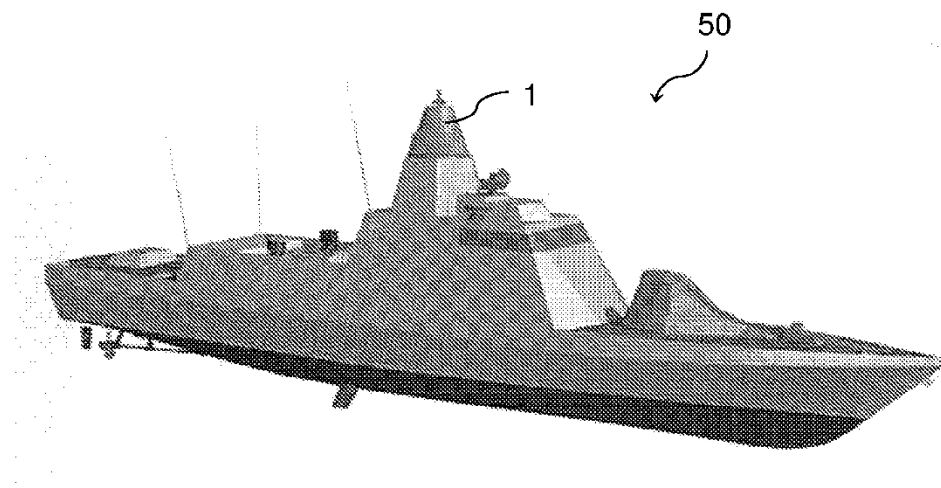


FIG. 7

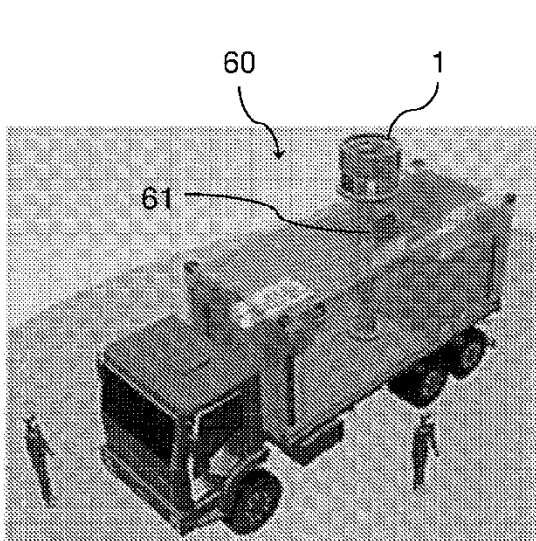


FIG. 8

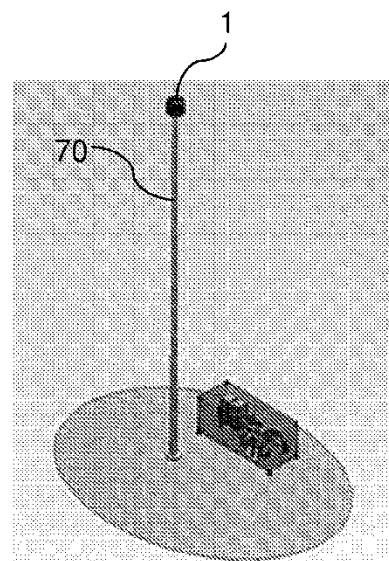


FIG. 9