

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 901**

51 Int. Cl.:

G01S 13/02 (2006.01)

G01S 7/36 (2006.01)

G01S 13/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2012 E 12703129 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2686699**

54 Título: **Procedimiento de vigilancia por radar y de adquisición de señales de radar**

30 Prioridad:

17.03.2011 FR 1100803

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

14.07.2015

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45 rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**CORNIC, PASCAL;
JAHAN, DANIEL y
GARREC, PATRICK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 540 901 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 de vigilancia por radar y de adquisición de señales de radar

5 El campo de la invención es el de las cargas útiles instaladas a bordo para misiones de observación y de vigilancia aire-tierra o aire-mar, en particular los radares para aeronaves de pequeño y mediano tamaño, para los cuales el volumen, la masa y el coste están muy limitados.

Desde un punto de vista físico-operativo, una función radar tiene como objetivo detectar y localizar los objetos materiales situados en un entorno, más o menos lejano, de un portador. Entre estos objetos están evidentemente las plataformas o los vehículos que se encuentran en este entorno. Este punto de vista se puede complementar con visiones del entorno según otras áreas de objetos físicos. Entre estos, está las emisiones de radar procedentes de otras plataformas. Una función de las medidas de apoyo electrónico (MAE) o "ESM" siglas de la expresión anglosajona "Electronic Support Measure", tiene justamente como objetivo interesarse en estos objetos de emisión de radar. El interés es al menos doble ya que, por una parte, una visión según diferentes áreas garantiza una percepción consolidada del entorno, a la vez más fiable y más robusta y, por otra, la diversidad de las características de las emisiones de radar ha hecho que una función ESM presente una capacidad de identificación no cooperativa bastante notable ("NCTR: Non Cooperative Target Recognition").

15 A menudo resulta interesante complementar una o varias funciones radar con una función ESM para una mejor percepción de la escena observada. La utilización conjunta de las técnicas de radar y ESM está en efecto adaptada para proporcionar informaciones que hay que clasificar, e incluso identificar un blanco cuando este está equipado con un radar de emisión.

20 Habitualmente, las funciones radar y ESM se obtienen integrando en el portador diferentes equipos que no tienen estrictamente ningún elemento material común, que funcionan en unos rangos de frecuencia bastante diferentes. Cada equipo tiene sus propios dispositivos, ya sean de antena, de recepción o de emisión, y de tratamiento, lo que aumenta el volumen, la masa y el coste del conjunto. Por otra parte, esta estructura hace muy complicada la integración en el portador y presenta siempre problemas de compatibilidad electromagnética entre las funciones radar y la función ESM, ya que esta última se hace, por principio, para recibir las emisiones de los radares.

25 Tradicionalmente, si la aeronave debe estar equipada con una función radar y con una función ESM, la cobertura ESM está garantizada por unas antenas de banda ultra ancha y de pequeña ganancia dispuestas en la piel de la aeronave de tal modo que cubren 360°, mientras que la función radar se realiza por medio de una estructura específica de antena, que puede funcionar con barrido mecánico o con barrido electrónico. El documento FR 2884929 describe un procedimiento de localización pasiva de blanco utilizando la antena de radar en el modo de recepción pasiva y asignando esta antena pasiva al receptor de guerra electrónica. También existen otras posibilidades implementando una red de antenas cuyo elemento radiante es de banda ultra ancha, asociadas a un gran número de canales de emisión-recepción.

30 En los portadores de pequeño tamaño, las limitaciones de integración y de coste pueden impedir la implantación de dichas funciones.

35 Por consiguiente, sigue existiendo hoy en día la necesidad de un sistema que satisfaga simultáneamente al conjunto de las exigencias ya mencionadas, en términos de funciones radar y ESM, de su compatibilidad electromagnética, de volumen, de masa y de coste limitados.

La invención se basa en la aplicación de varios principios combinados:

- 40 - utilizar la directividad angular de la antena de radar empleada como base, para favorecer la detección de al menos una emisión de radar diferente de la dada en una escena cargada;
- realizar una estimación de los parámetros del tren de pulsos de la emisión de radar de interés, a la vez en la frecuencia portadora, la frecuencia de repetición y la anchura de los pulsos, para someter la forma de onda del radar (nuestra función) a la forma de onda de la emisión del radar de interés;
- 45 - utilizar la resolución distancia de la función de radar para aislar temporalmente la emisión de al menos un radar de interés, por medio de un correlacionador específico;
- utilizar la resolución frecuencial y la agilidad de frecuencia de la función radar para aislar las señales recibidas de la emisión de al menos un radar de interés;
- 50 - construir en la recepción un filtro adaptado para un tren de pulsos de la emisión de al menos un radar de interés;
- someter la sincronización y la duración de la recurrencia radar al o a los radares detectados.

De manera más precisa, la invención tiene por objeto un procedimiento de vigilancia mediante un radar denominado radar 1 equipado:

- 55 - con una estructura de antena con una directividad angular, por ejemplo, inferior a 10°;
- con unos medios de emisión de una señal S1 de pulsos en una banda de frecuencia centrada en una frecuencia F1 por medio de un oscilador local, según un periodo de repetición centrado en un periodo Tr1 de recurrencia y con una anchura T1 de pulso;

- con unos medios de recepción de señales mediante dicha estructura de antena en una banda ΔF de frecuencia;
- con una unidad de tratamiento de las señales recibidas en un conjunto de N casillas distancia.

5 Este se caracteriza principalmente porque al emitirse unas señales recibidas por otro radar denominado radar 2 en una banda de frecuencia centrada en una frecuencia F2 tal que $F2-F1 \leq \Delta F$, según un periodo de repetición centrado en un periodo Tr2 y con una anchura T2 de pulso, siendo las señales emitidas por el radar 1 y el radar 2 asíncronas, este comprende las siguientes etapas realizadas por dicha unidad de tratamiento, para garantizar una función ESM:

- A) sometimiento de la frecuencia F1 a la frecuencia F2, midiendo la potencia recibida integrada en el conjunto de las N casillas distancia y en varias recurrencias,
 - B) determinación del periodo Tr2 y de T2 y sometimiento del periodo centrado en Tr1 a un periodo centrado en Tr2 siendo Tr1 un múltiplo de Tr2 ($Tr1 = k \cdot Tr2$ siendo k un entero positivo) o un submúltiplo de Tr2 ($Tr1 = Tr2/k$, siendo k un entero positivo).
- 10

Este procedimiento permite utilizar la electrónica del radar para realizar, además, funciones radar, una función ESM en una banda limitada alrededor de la frecuencia de funcionamiento del radar, sin aumentar de forma significativa el volumen, la masa, el consumo, ni el coste del equipo.

15 Otra ventaja de la solución propuesta es que optimiza el porcentaje de utilización de la electrónica instalada a bordo, pudiendo realizarse las funciones radar y ESM de forma simultánea y sin tiempos muertos, con el mismo equipo.

Esta también permite el análisis preciso de los pulsos de un radar, para su clasificación o su identificación.

20 Según una característica de la invención, el sometimiento de F1 a F2 se realiza fuera de la emisión del radar 1 y comprende una subetapa que consiste en hacer que varíe la frecuencia del oscilador local hasta obtener un máximo de potencia de la señal recibida, fijándose la frecuencia del oscilador local en el valor que corresponde a este máximo de potencia.

Según otra característica de la invención, la determinación de Tr2 y de T2 se basa en la autocorrelación temporal de la amplitud de la señal recibida realizada en un tiempo superior a un umbral predeterminado.

25 De preferencia, al estar la señal S1 emitida por el radar 1 sincronizada por una señal de sincronización, la autocorrelación se sincroniza por esta señal de sincronización.

Esta determinación de Tr2 y de T2 se realiza de manera ventajosa fuera de la emisión de S1.

Según una forma de realización de la invención, al estar la señal emitida por el radar 1 sincronizada por una señal de sincronización, esta señal de sincronización está adaptada para que las señales del radar 2 se reciban en una ventana temporal determinada en función de esta señal de sincronización.

30 De este modo, esto permite limitar las molestias que ocasionan los pulsos de otro radar que emite en otro lugar, limitando estas molestias a un intervalo de tiempo reducido.

En algunos casos se hace de tal modo que, constanding cada recurrencia del periodo de repetición de unas casillas distancia temporales, algunas casillas distancia predeterminadas se asignen a la recepción de ecos generados por los pulsos emitidos por el radar 1.

35 Las etapas A) y B) se pueden realizar de forma secuencial en unos intervalos de tiempo predeterminados, o desencadenándose como consecuencia de la detección de un asincronismo de la señal recibida con respecto a la señal emitida por el radar 1 o de una potencia de señal que supera un umbral predeterminado.

El radar 1 puede estar sucesivamente en un modo emisión-recepción y en un modo recepción sin emisión.

La antena del radar 1 gira, por ejemplo, en acimut.

40 Cuando las señales recibidas las emiten otros radares denominados radar 3, radar 4, ... radar n respectivamente asociados a las frecuencias F3 siendo $F3-F1 \leq \Delta F$, F4 siendo $F4-F1 \leq \Delta F$, ..., Fn siendo $Fn-F1 \leq \Delta F$ en los periodos Tr3, Tr4, ..., Trn de repetición y en las anchuras T3, T4, ..., Tn de pulso, siendo las señales emitidas por el radar 1 y el radar 3, el radar 4, ... el radar n asíncronas, este comprende las etapas A) y B) secuencialmente realizadas para F3, Tr3, T3, a continuación F4, Tr4, T4, a continuación ...Fn, Trn, Fn.

45 De preferencia, la aplicación principal está centrada en una cabeza de radar dimensionada para funcionar en banda X, ya que es la banda utilizada para los radares aerotransportados.

De manera más particular, se busca realizar simultánea o secuencialmente unas funciones SAR, GMTI y ESM a partir de un único dispositivo de antena, minimizando al mismo tiempo el volumen de electrónica que hay que utilizar.

50

Se mostrará otras características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción detallada que viene a continuación, hecha a título de ejemplo no limitativo y en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 la figura 1a es una representación temporal esquemática de las señales emitidas y recibidas por el radar 1, y la figura 1b representa esquemáticamente una pantalla de radar en la cual aparecen diferentes detecciones visibles durante la rotación de la antena del radar;
- la figura 2a representa esquemáticamente los principales elementos de un radar, la figura 2b representa esquemáticamente una variación en diente de sierra de la frecuencia F_{ol} del oscilador local del radar 1 hasta la obtención de un máximo de potencia en el receptor;
- 10 la figura 3 representa esquemáticamente un caso particular de la figura 2a con la introducción de una transformada rápida de Fourier para separar la recepción en varios canales de frecuencia antes de separar las señales temporalmente;
- la figura 4 ilustra esquemáticamente la serie de muestras utilizadas en el receptor del radar 1 para estimar la autocorrelación de los pulsos recibidos del radar 2, durante un largo tiempo;
- 15 la figura 5 representa esquemáticamente la función de autocorrelación del peine de pulsos recibidos del radar 2;
- la figura 6 representa esquemáticamente el caso en el que Tr_1 está sometido a Tr_2 ;
- la figura 7 representa esquemáticamente el caso en el que Tr_1 está sometido a un múltiplo de Tr_2 ;
- la figura 8 representa esquemáticamente el caso en el que Tr_1 está sometido a un submúltiplo de Tr_2 .

De una figura otra, los elementos iguales se identifican con las mismas referencias.

- 20 Se considera, en relación a la figura 1a, un radar de pulsos que funciona en una frecuencia de emisión F_1 , con una anchura T_1 de pulso y con un periodo Tr_1 de repetición (también designado periodo de recurrencia). De hecho en la práctica el radar funciona en una banda de frecuencia centrada en F_1 con un periodo de repetición centrado en Tr_1 .

- 25 Por otra parte, se supone que este radar tiene una pequeña apertura $\Delta\theta_1$ angular de aproximadamente 3 dB en el plano de búsqueda considerado (tradicionalmente el plano de posición que es horizontal), esto es $\Delta\theta_1$ tradicionalmente inferior a 5° . La antena puede ser de barrido mecánico o de barrido electrónico en emisión o en recepción con un periodo de barrido regular o no.

En aras de la simplicidad de la descripción, se le llama a este radar, radar 1.

- 30 Se supone que otro radar, denominado de aquí en adelante radar 2, está presente en el entorno del radar 1, y en emisión en su dirección de observación (o en las proximidades) y en una banda de frecuencia relativamente próxima: la señal emitida por el radar 2 puede por tanto ser captada por el dispositivo 1 de recepción del radar (antena y receptor).

En el caso general, este radar 2 dispone de una frecuencia F_2 de emisión, de una duración T_2 de pulso y de un periodo Tr_2 de repetición. Al igual que para el radar 1, en la práctica el radar 2 funciona en una banda de frecuencia centrada en F_2 con un periodo de repetición centrado en Tr_2 . Estos valores son a priori diferentes a los del radar 1.

- 35 En función de la diferencia de frecuencia de emisión entre los dos radares, F_2-F_1 , las señales emitidas por el radar 2 penetran o no en el receptor del radar 1.

En el caso en el que la diferencia de frecuencia F_2-F_1 es inferior a la banda de recepción del receptor ΔF del radar 1, estas señales se pueden detectar ya que penetran en el dispositivo de recepción del radar 1.

- 40 Por otra parte, las dos emisiones (del radar 1 y del radar 2) son asíncronas y los pulsos pueden estar modulados o no.

Al ser asíncronas las señales, el pulso recibido del radar 2 se desplaza en la recurrencia del radar 1, de recurrencia en recurrencia, en función de la diferencia de periodo de los trenes 1 y 2 de pulsos.

La representación temporal de las señales emitidas y recibidas por el radar 1 es de acuerdo entonces con la figura 1a.

- 45 Según la representación clásica de una pantalla de radar PPI (siglas de la expresión anglosajona "Plane Position Indicator"), esta situación se muestra en forma de porciones de espirales que corresponden a las diferentes detecciones visibles durante la rotación de antena, según la figura 1b. Esto también se debe, en particular, al hecho de que la señal recibida del radar 2 es muy potente, y visible incluso por los lóbulos secundarios de la antena del radar 1: de este modo, los pulsos recibidos del radar 2 parecen desplazarse radialmente y en ángulo de acimut cuando gira la antena.
- 50

En estas condiciones, un tratamiento radar clásico que asocia de recurrencia en recurrencia los ecos recibidos en una misma celda de resolución distancia también llamada casilla distancia, no puede utilizar toda la energía disponible para realizar la detección y el análisis del tren de pulsos recibido.

Por otra parte, la emisión del radar 2 se ve como un ruido temporalmente aleatorio que puede limitar las capacidades de detección del radar 1. En efecto, los ecos cuya relación señal-ruido es por lo general más pequeña que la de las señales que proceden del radar 2, pueden quedar ocultas en las señales del radar 2.

5 El tratamiento propuesto consiste en buscar la presencia de un radar 2 en una banda dada, y a continuación en adaptar el tratamiento radar 1 de tal forma que confine la señal recibida del radar 2 en la celda de confusión del radar 1. Este comprende dos etapas principales: la búsqueda del radar 2, y a continuación en una segunda fase la estimación de la frecuencia Tr_2 de repetición y de la anchura T_2 de pulso del radar 2.

Se recuerdan los principales elementos de un radar 1 en relación a la figura 2a.

10 Este consta, como medios de recepción, de: una antena 1 de recepción, un circulador 2, un demodulador 3 conectado al oscilador local, un convertidor analógico-digital de las señales I, Q recibidas demoduladas, conectado a su vez a un elemento de sincronización de radar, transmitiéndose las señales convertidas a una unidad 4 de tratamiento, conectada a una pantalla PPI.

15 Este consta, como medios de emisión, de: un generador de formas de onda conectado a la unidad 4 de tratamiento y al elemento de sincronización, una antena 1 de emisión que es, por lo general, la misma que la antena de recepción, un interruptor 5 para eventualmente bloquear la emisión.

La búsqueda del radar 2 se lleva a cabo, en primer lugar, midiendo la potencia recibida integrada en el conjunto de las N casillas distancia y en un determinado número M de recurrencias.

Esta búsqueda se lleva a cabo, por ejemplo, haciendo que varíe la frecuencia del oscilador F_{ol} local del radar hasta la obtención de un máximo de potencia en el receptor, según las figuras 2.

20 Tradicionalmente, esta búsqueda se puede llevar a cabo mediante un barrido de frecuencia en diente de sierra, según la representación de la figura 2b. Este barrido se puede realizar de forma continua, secuencial en unos intervalos de tiempo predeterminados, o desencadenándose como consecuencia de la detección de una potencia de señal anormalmente elevada y predeterminada o de una diferencia de forma de onda entre la señal recibida y la señal emitida por el radar 1.

25 Después de la detección de un máximo de potencia recibida en la banda de frecuencia de barrido, la frecuencia F_{ol} del oscilador local se fija en el valor que corresponde al máximo de potencia detectada.

De este modo, se realiza un control automático aproximado de frecuencia que busca someter la frecuencia F_1 del radar 1 a la F_2 del radar 2.

30 En presencia de varios radares, se puede llevar a cabo secuencialmente el mismo tratamiento en "otros" diferentes emisores designados radar 2, radar 3...

En algunos casos, puede resultar interesante separar la recepción en varios canales de frecuencia antes de separar las señales temporalmente, de tal modo que se aumente la capacidad de discriminación del radar.

35 Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, realizando una transformada (FFT) rápida de Fourier en un tiempo reducido después de la codificación de las señales, como se ilustra en la figura 3. Se entiende por tiempo reducido, una duración inferior o igual a la duración del pulso recibido prevista la más corta, que corresponde a un pequeño número de muestras sucesivas de la señal codificada.

Tradicionalmente, para un radar que tiene una banda de recepción de 80 MHz, y una muestra de 100 MHz, se podrá realizar una FFT en 8 puntos, lo que significa separar las señales mediante 8 filtros de 12,5 MHz.

40 Este procedimiento permite reducir la probabilidad de presencia de señales procedentes de "otros" varios emisores en el mismo canal de recepción F_1 del radar 1.

En una segunda fase, el tratamiento lleva a cabo una autocorrelación temporal en la amplitud de la señal recibida durante un largo tiempo, siendo este tiempo tradicionalmente superior a varias veces (es decir al menos 2) la duración de la recurrencia supuesta del radar 2 Tr_2' , de tal modo que se perciba esta recurrencia.

45 Si $x(i)$ es la amplitud de la muestra i temporal detectada en la salida del codificador, la autocorrelación lleva a cabo la operación:

$$C(k) = \sum_{i=1}^{N-k} ((x(i) - med(x))(x(i+k) - med(x)))/N$$

Este tratamiento busca estimar la frecuencia Tr_2 de repetición y la anchura T_2 de pulso del radar 2. Se aplica en la salida del codificador o, llegado el caso, después de la transformada de Fourier realizada en el tiempo reducido.

ES 2 540 901 T3

Esta autocorrelación se sincroniza con la señal de sincronización de emisión del radar, como se muestra en la figura 4.

La frecuencia de muestreo se selecciona superior a la inversa de la anchura de pulso de duración mínima que se desea detectar, tradicionalmente 100 MHz para una duración mínima de 20 ns.

- 5 La duración temporal de la ventana de análisis se selecciona al menos igual a dos veces la duración máxima del periodo Tr_2 de repetición que se desea detectar, tradicionalmente 2,5 ms para un periodo de repetición de duración máxima 1 ms.

Se puede repetir eventualmente este tratamiento varias veces para mejorar la calidad de la estimación.

- 10 En la salida del tratamiento de correlación, se obtiene una secuencia de pulsos triangulares, correspondiendo la distancia entre dos pulsos sucesivos al periodo Tr_2 de recurrencia de los pulsos y correspondiendo la anchura en la base de estos pulsos a dos veces la anchura del pulso T_2 elemental, como se muestra a título de ejemplo en la figura 5.

Esta operación se lleva a cabo de forma preferente fuera de emisión. Sin embargo, se puede llevar a cabo en emisión bloqueando la recepción mientras dura la señal de emisión.

- 15 Después de la estimación de los parámetros de modulación de envolvente del radar 2, la frecuencia (Tr_1) de repetición del radar 1 se somete a la frecuencia (Tr_2) de repetición del radar 2.

Según la forma de funcionamiento seleccionada, el periodo de repetición de los pulsos del radar 1 se selecciona igual a la frecuencia de repetición del radar 2, a un múltiplo ($Tr_1 = k.Tr_2$ siendo k un entero positivo) o a un submúltiplo ($Tr_1 = Tr_2/k$ siendo k un entero positivo).

- 20 Cuando el radar está solo en modo escucha, es decir cuando no emite en absoluto, su periodo Tr_1 de repetición se seleccionará de manera preferente igual a la frecuencia Tr_2 de repetición del radar 2 (tenemos, por lo tanto, que $k = 1$), de tal modo que el tren de pulsos del radar 2 genera un pulso único y fijo de recurrencia en recurrencia en el receptor del radar 1, según la figura 6. Aunque no haya emisión del radar 1, no obstante se fija Tr_1 ya que resulta interesante que los pulsos recibidos del radar 2 se muestren fijos, siempre en el mismo lugar de recurrencia en recurrencia.

25 Cuando el radar está en modo emisión, el periodo Tr_1 de recurrencia se selecciona habitualmente en función del alcance medido con instrumentos deseado, que corresponde a la una distancia no ambigua D , siendo $D = (c.Tr_1)/2$, donde c es la velocidad de propagación de las ondas de interés, esto es la de la luz.

- 30 En este caso, si el periodo Tr_2 del radar 2 es pequeño frente al valor que corresponde a D , se selecciona de manera preferente como valor de Tr_1 , un múltiplo de Tr_2 superior al valor que corresponde a la distancia D , es decir k entero superior a 1.

Por ejemplo, para una distancia medida con instrumentos de 40 nmi (*nautical mile international* (milla náutica internacional)= 1.852 m), esto es aproximadamente 74 km, el periodo Tr_1 de recurrencia debe ser superior a 493 μ s. Se recuerda que la distancia medida con instrumentos es el alcance hasta el cual se pretende detectar.

- 35 Si el radar 2 tiene un periodo Tr_2 de repetición de 200 μ s, Tr_1 se puede seleccionar igual a 600 μ s (Tr_1 es un múltiplo de Tr_2 , $Tr_1 = Tr_2.k$ siendo $k = 3$). De este modo, en cada recurrencia del radar 1, el receptor ve 3 pulsos que aparecen en posición fija en sus casillas distancia, según la figura 7.

Por el contrario, si el periodo Tr_2 del radar 2 es grande frente al valor que corresponde a D , Tr_1 se puede seleccionar igual a Tr_2 o a uno de sus submúltiplos, por tanto $Tr_1 = Tr_2/k$ siendo k un entero positivo.

- 40 Por ejemplo, para $D = 40$ nmi (493 μ s) y $Tr_2 = 1$ ms, se podrá seleccionar $Tr_1 = 500$ μ s ($Tr_1 = Tr_2/k$ siendo $k = 2$). En este caso, el radar 2 produce un pulso estable en el receptor del radar 1 una recurrencia de cada 2, según la figura 8.

En todos los casos, la frecuencia Tr_1 de repetición del radar 1 se selecciona (es decir, múltiplo o submúltiplo, y k seleccionado) para que los pulsos recibidos del radar 2 aparezcan fijos en el receptor del radar 1.

- 45 En la medida en que $T_2 \ll Tr_1$ (tenemos tradicionalmente que $T_2 = Tr_1/100$, e incluso $Tr_1/1.000$), esto permite, además, mantener una parte muy importante del alcance con instrumentos en la zona "clara", es decir no alterada por el radar 2.

Otra solución es poner en marcha un correlacionador externo, el cual va a realinear los pulsos teniendo en cuenta la diferencia de periodo entre los dos radares.

- 50 Esto también permite llevar a cabo tratamientos específicos en los pulsos recibidos del radar 2, para su clasificación o su identificación asignando algunas casillas distancia adaptadas a la duración de pulso del radar 2 en la

recurrencia, en el tratamiento de estos pulsos. Los tratamientos pueden referirse a las características precisas del pulso: modulaciones intra-pulso voluntarias o involuntarias (de fase, de frecuencia, de amplitud), o incluso las variaciones de pulso a pulso (de fase, de amplitud, de frecuencia), e incluso las modulaciones de lóbulo de antena, etc.

5 Por otra parte, este procedimiento permite optimizar los recursos del radar.

Con el fin de mantener las propiedades de estabilidad temporal de los pulsos en el tiempo el sometimiento del periodo de recurrencia se puede llevar a cabo secuencialmente de ráfaga en ráfaga, designando aquí el término ráfaga a un número entero de recurrencia del radar 1 en el cual se lleva a cabo un tratamiento doppler coherente: caso del SAR (*synthetic aperture radar (radar de apertura sintética)*), del ISAR (*inverse synthetic aperture radar (radar de apertura sintética inversa)*) o del GMTI (*ground moving target indication (indicación de blanco novil en el terreno)*), por ejemplo. En este caso, se lleva a cabo un tratamiento de asociación y de seguimiento en las señales ESM y radar, consistiendo este tratamiento en asociar las detecciones ESM y radar correlacionando las señales procedentes de las mismas direcciones angulares con el objetivo de asociar un radar 2 dado al blanco radar que lo lleva.

10

15 La utilización conjunta de las técnicas de radar y ESM está, en efecto, adaptada para suministrar información que permite clasificar, e incluso identificar un blanco cuando este está equipado con un radar que emite.

También es posible localizar la sincronización radar en función de las zonas “claras” deseadas.

Se desea, por ejemplo, que los ecos del radar 1 no se vean alterados por los pulsos recibidos del radar 2, es decir que los ecos no caigan en las mismas casillas distancia que estos pulsos.

20 En efecto, por ejemplo en el caso de la una vigilancia aire-mar, el radar de una aeronave situada a una altitud h del mar, no puede recibir ecos situados en el mar en el mejor de los casos hasta al cabo de un tiempo $2h/c$, estando por tanto las zonas de detección útiles comprendidas temporalmente entre $2h/c$ y $Tr1$. La señal de sincronización del comienzo de recurrencia se ajusta, por lo tanto, de tal modo que los pulsos recibidos caen en la ventana temporal comprendida entre esta sincronización y la sincronización + $2h/c$.

25 Hay que señalar que el tratamiento propuesto se puede aplicar sean cuales sean las capacidades de agilidad de frecuencia de emisión, de frecuencia de repetición de los pulsos o de modulación intra-pulso del radar 2:

- Agilidad de frecuencia de emisión: el radar puede disponer de varios canales frecuenciales que realizan el mismo tratamiento en paralelo;
- Agilidad de repetición de los pulsos: esta se traduce en una variación de la posición del pulso del radar 2, de recurrencia en recurrencia. Sin embargo, los porcentajes de modulación son siempre bajos en la práctica (del orden de un 10 %) y siempre se puede someter el periodo de radar 1 al periodo medio del radar 2; en este caso un número limitado de casillas distancia centradas en una posición media fija se asignará al tratamiento de los pulsos del radar 2;
- Modulación intra-pulso: esta no afecta al tratamiento de autocorrelación sobre la amplitud de la señal.

30

35 Por último, el tratamiento se puede extender a la gestión de varias emisiones simultáneas de “otros” radares (radar 2, radar 3,...) en la medida en que estas diferentes emisiones corresponden a funciones ortogonales (o casi ortogonales) entre sí, lo que es siempre el caso en la práctica. En efecto, incluso considerando otros dos radares (radar 2, radar 3) que emiten en la misma frecuencia ($F2 = F3$) la misma forma de onda ($Tr2 = Tr3$), la probabilidad para que los pulsos recibidos de estos dos radares sean simultáneos es muy baja. El tratamiento de autocorrelación estará por tanto en condiciones de detectar dos secuencias de pulsos diferentes en un mismo periodo, y podrá llevarse a cabo el sometimiento del periodo del radar 1 a este periodo, apareciendo por tanto los pulsos de los dos radares en diferentes casillas distancia.

40

La gestión de varias emisiones simultáneas de “otros” radares, ortogonales entre sí, se realiza secuencialmente. A continuación se realiza el sometimiento de $F1$ a $F2$ y la determinación y el sometimiento de $Tr1$ a $Tr2$, el sometimiento de $F1$ a $F3$ y la determinación y el sometimiento de $Tr1$ a $Tr3$, etc.

45

Desde un punto de vista operativo, el tratamiento se puede llevar a cabo en primer lugar en el modo de espera, siendo el radar 1 activo o pasivo, y su antena girando en acimut. En este caso, las detecciones de emisiones de radar realizadas se pueden utilizar para orientar la antena en una dirección de interés con el fin de realizar simultáneamente la función radar clásica de vigilancia y el análisis de las “otras” emisiones radar (función ESM).

50 Por el contrario, el tratamiento también se puede activar cuando la antena ya está orientada en la dirección de un blanco de interés escogido previamente por el radar 1 en el modo activo.

Una utilización típica del procedimiento es el análisis de una emisión de un radar de navegación transportado por un navío en el mar, mientras se realiza simultáneamente una imagen ISAR de este navío.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de vigilancia mediante un radar denominado radar 1 equipado:
- con una estructura de antena;
 - con unos medios de emisión de una señal S1 de pulsos en una banda de frecuencia centrada en una frecuencia F1 por medio de un oscilador local, según un periodo de repetición centrado en un periodo Tr1 de recurrencia y con una anchura T1 de pulso;
 - con unos medios de recepción de señales mediante dicha estructura de antena en una banda ΔF de frecuencia;
 - con una unidad de tratamiento de las señales recibidas en un conjunto de N casillas distancia,
- 5 **caracterizado porque** al emitirse unas señales recibidas por otro radar denominado radar 2 en una banda de frecuencia centrada en un frecuencia F2 tal que $F2-F1 \leq \Delta F$, según un periodo de repetición centrado en un periodo Tr2 y con una anchura T2 de pulso, siendo las señales emitidas por el radar 1 y el radar 2 asincrónicas, este comprende las siguientes etapas realizadas por dicha unidad de tratamiento para garantizar una función ESM:
- A) sometimiento de la frecuencia F1 a la frecuencia F2, midiendo la potencia recibida integrada en el conjunto de las N casillas distancia y en varias recurrencias,
 - B) determinación del periodo Tr2 y de T2 y sometimiento del periodo centrado en Tr1 a un periodo centrado en Tr2 siendo $Tr1 = k \cdot Tr2$ o $Tr1 = Tr2/k$, siendo k un entero positivo.
- 10 2. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el sometimiento de F1 a F2 se realiza fuera de la emisión del radar 1 y comprende una subetapa que consiste en hacer que varíe la frecuencia del oscilador local hasta obtener un máximo de potencia de la señal recibida, fijándose la frecuencia del oscilador local en el valor que corresponde a este máximo de potencia.
- 20 3. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la determinación de Tr2 y de T2 se basa en la autocorrelación temporal de la amplitud de la señal recibida llevada a cabo en un tiempo superior a un umbral predeterminado.
- 25 4. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** al estar la señal emitida por el radar 1 sincronizada por una señal de sincronización, la autocorrelación es sincronizado por esta señal de sincronización.
5. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** esta determinación de Tr2 es realizada fuera de la emisión de S1.
- 30 6. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al estar la señal emitida por el radar 1 sincronizada por una señal de sincronización, esta señal de sincronización está adaptada para que las señales del radar 2 sean recibidas en una ventana temporal determinada en función de esta señal de sincronización.
- 35 7. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al constar cada recurrencia del periodo de repetición de unas casillas distancia temporales, algunas casillas distancia son asignadas a la recepción de ecos generados por los pulsos emitidos por el radar 1.
8. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las etapas A) y B) se realizan de forma secuencial según unos intervalos de tiempo predeterminados.
- 40 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** las etapas A) y B) se activan como consecuencia de la detección de un asincronismo de la señal recibida con respecto a la señal emitida por el radar 1 o de la detección de una potencia de señal que supera un umbral predeterminado.
10. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el radar 1 está sucesivamente en un modo emisión y en un modo recepción sin emisión.
- 45 11. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la antena del radar 1 gira en acimut.
12. Procedimiento de vigilancia mediante un radar según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al emitirse unas señales recibidas por otros radares denominados radar 3, radar 4, ... radar n respectivamente asociados a las frecuencias F3 siendo $F3-F1 \leq \Delta F$, F4 siendo $F4-F1 \leq \Delta F$, ..., Fn siendo $Fn-F1 \leq \Delta F$ en los periodos Tr3, Tr4, ..., Trn de repetición y en las anchuras T3, T4, ..., Tn de pulso, siendo las señales emitidas por el radar 1 y el radar 3, el radar 4, ... el radar n asincrónicas, este comprende las etapas A) y B) secuencialmente realizadas para F3, Tr3, T3, a continuación F4, Tr4, T4, a continuación ...,Fn, Trn, Fn.
- 50

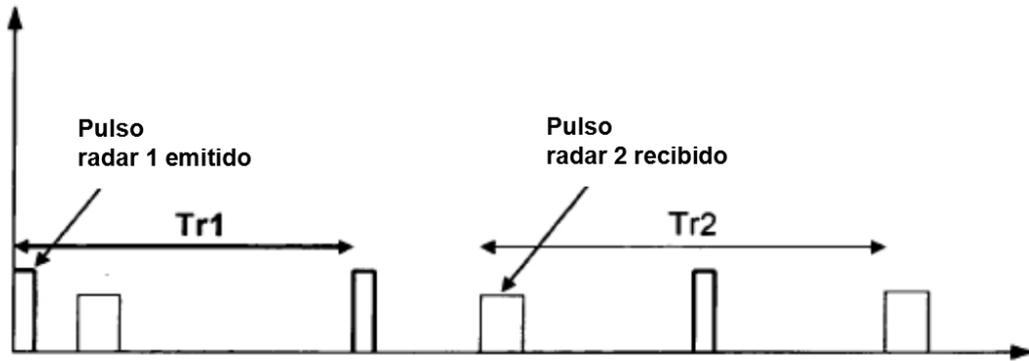


FIG.1a

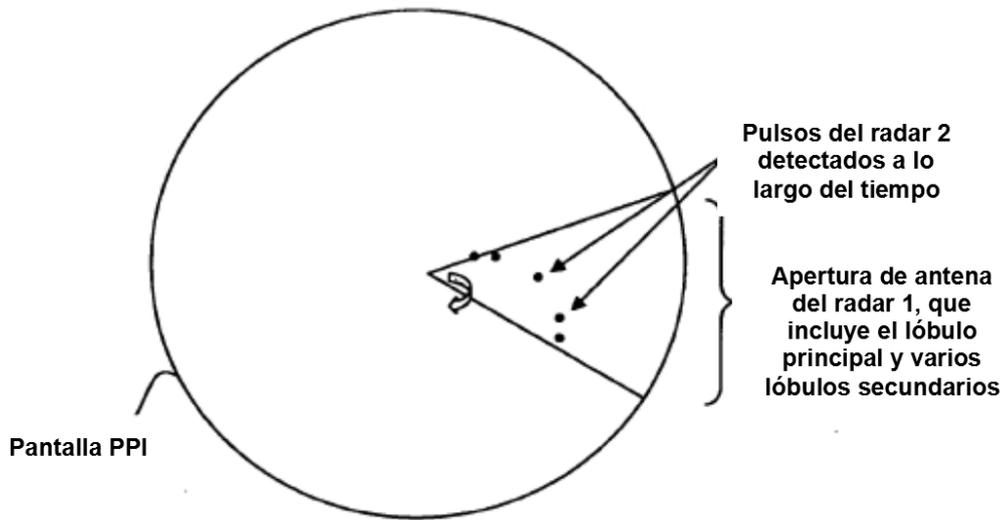
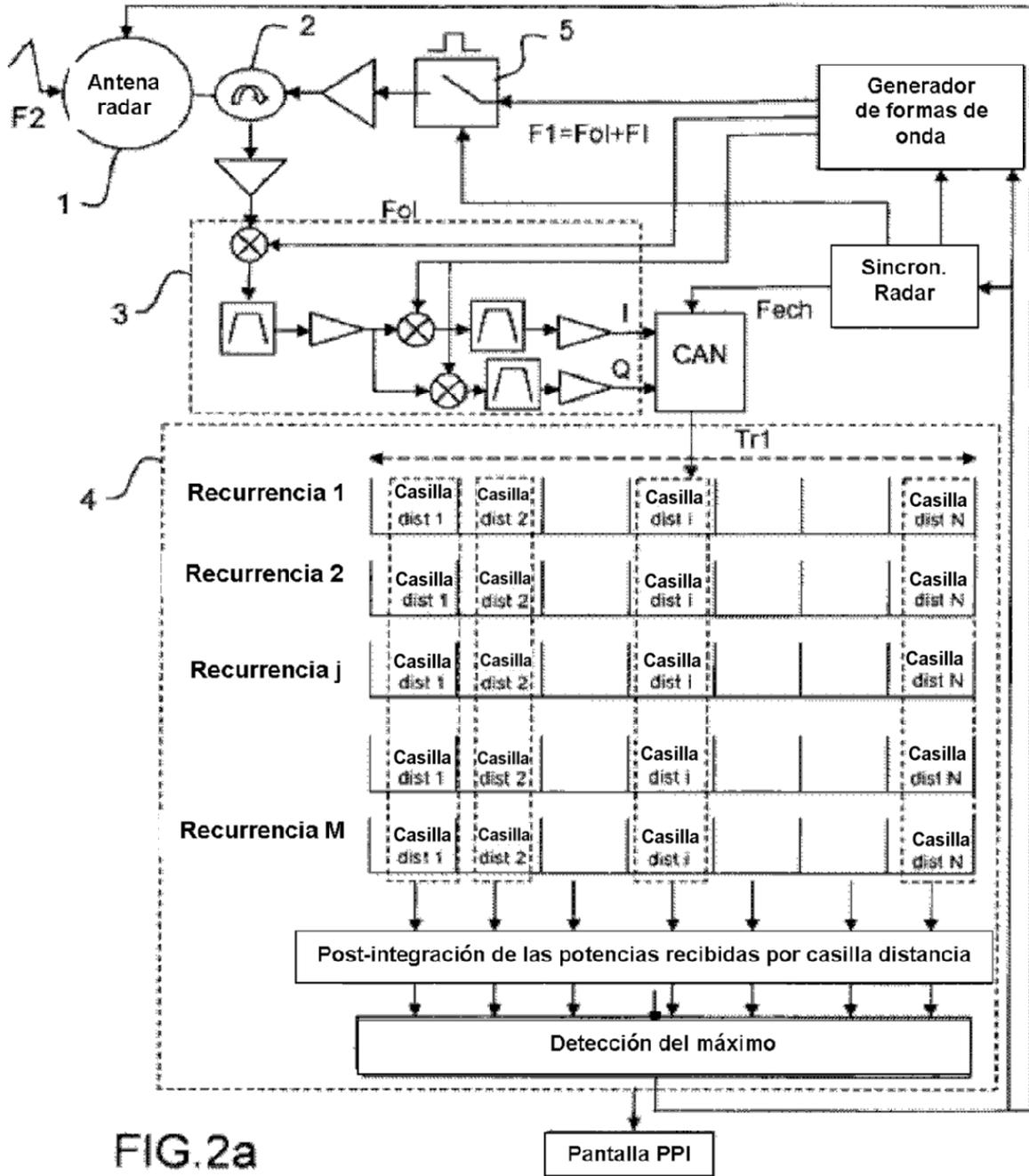


FIG.1b



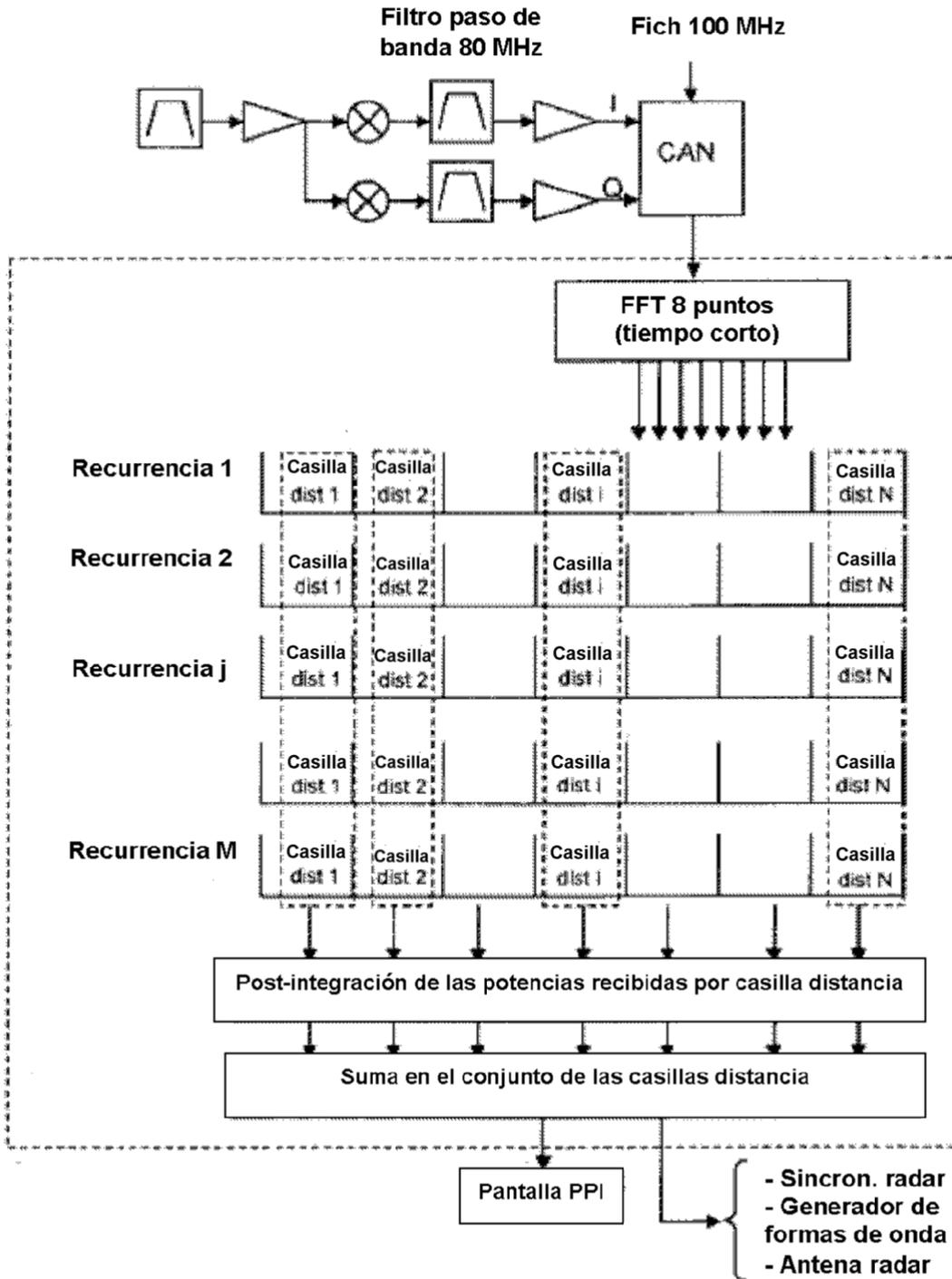


FIG.3

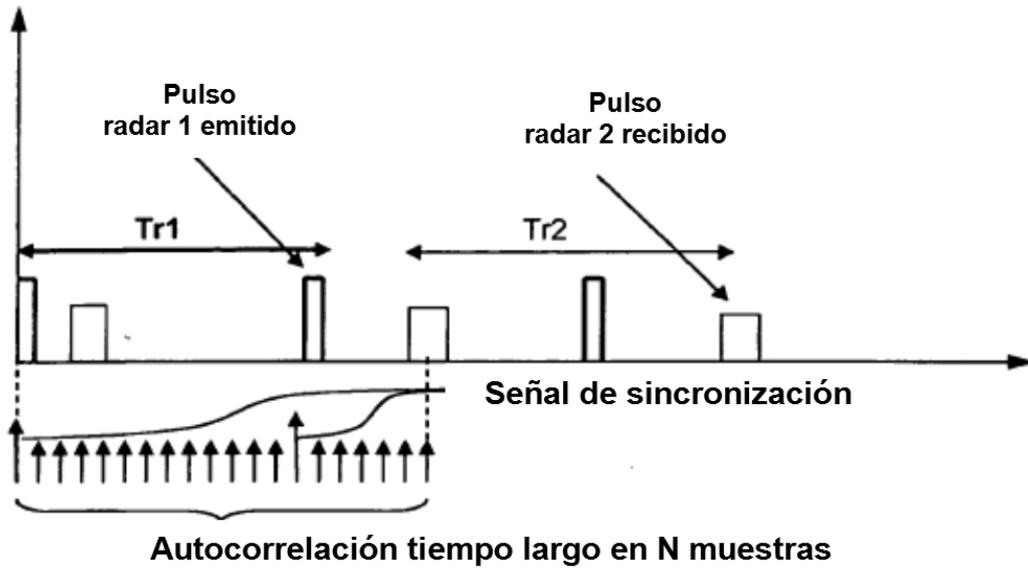


FIG.4

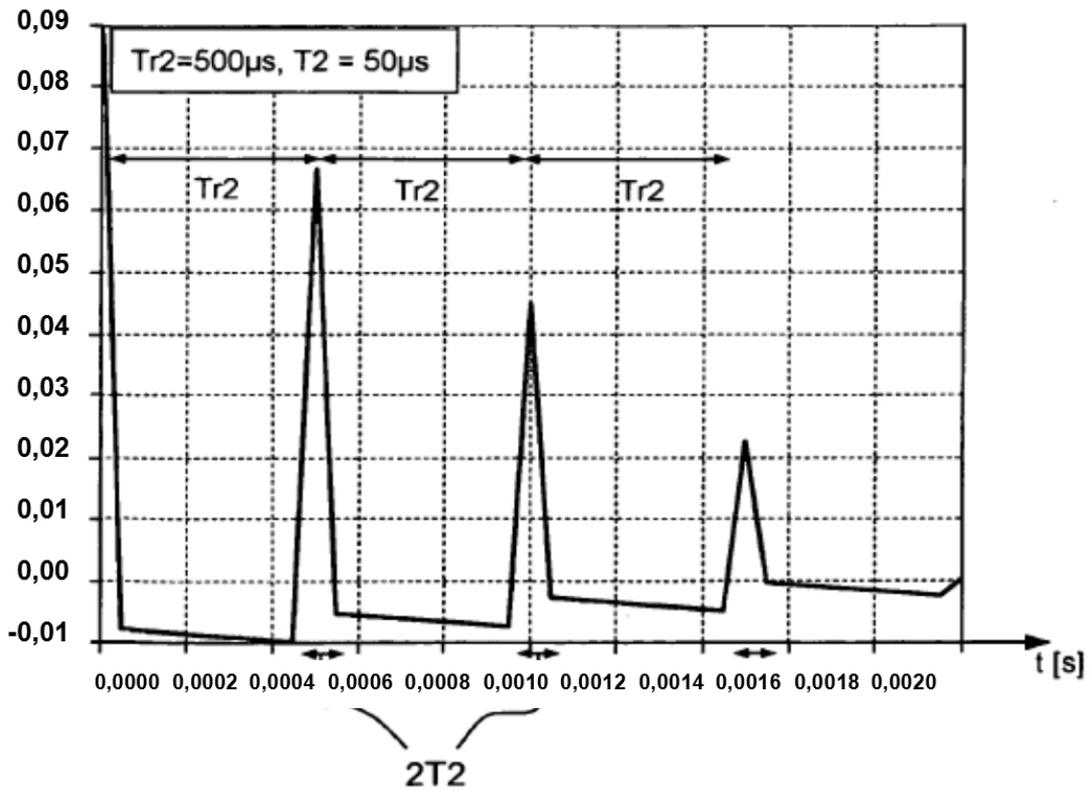


FIG.5

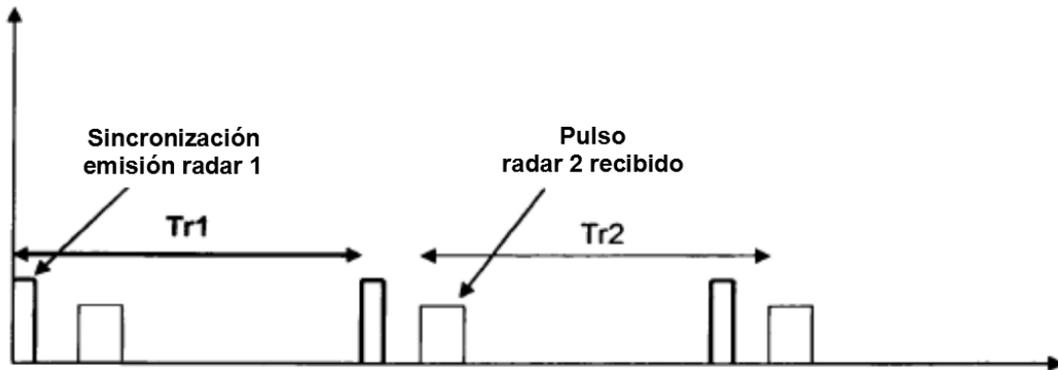


FIG.6

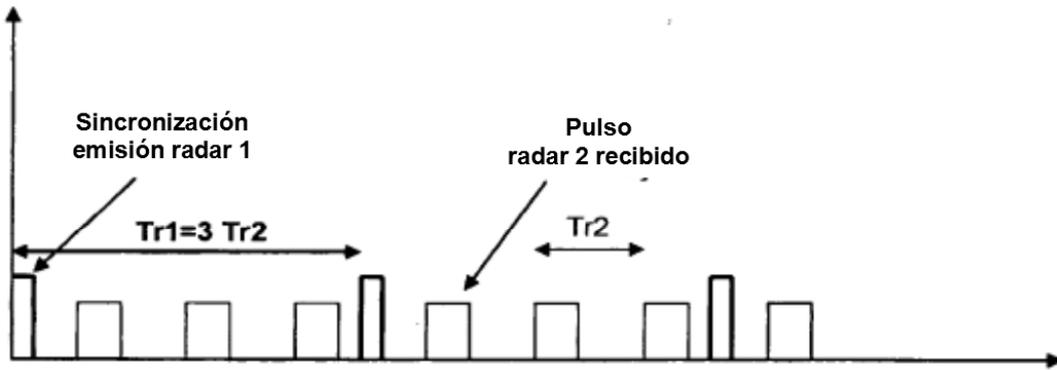


FIG.7

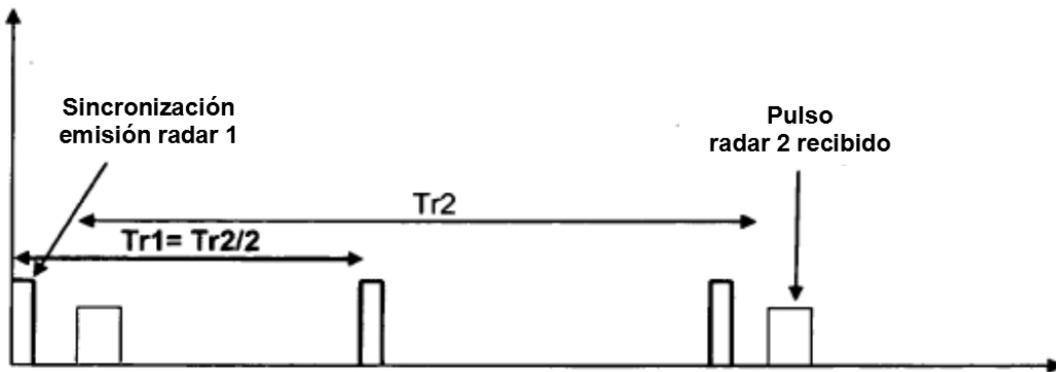


FIG.8