

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 684**

51 Int. Cl.:

**H04B 1/7163** (2011.01)

**G01S 13/02** (2006.01)

**G01S 7/32** (2006.01)

**G01S 7/292** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2015 PCT/EP2015/081423**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2016 WO16107905**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2015 E 15817426 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 3241281**

54 Título: **Procedimiento de desentrelazado de señales de radar**

30 Prioridad:

**31.12.2014 FR 1403062**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.03.2019**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
Tour Carpe Diem Place des Corolles Esplanade  
Nord  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**STOFER, DANIEL;  
GRANDIN, JEAN-FRANÇOIS y  
LEMOINE, JEAN-MARIE**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 703 684 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 desentrelazado de señales de radar

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de desentrelazado de señales de radar según el preámbulo de la reivindicación 1.
- [0002]** La presente invención se refiere asimismo a un dispositivo de desentrelazado asociado.
- 10 **[0003]** Uno de los retos de la guerra electrónica consiste en interceptar las emisiones radioeléctricas que provienen de sistemas de detección tales como los emisores de radar.
- [0004]** La presencia de numerosos emisores hace que las señales interceptadas estén entrelazadas, es decir, que las señales emitidas por un emisor de radar de interés tengan interferencias con otras señales que proceden del medio electromagnético ambiente. Por tanto, conviene desentrelazar las señales interceptadas para separar las diferentes señales emitidas por los diferentes emisores de radar. Ahora bien, las señales emitidas por un mismo emisor de radar pueden tener características, que definen una forma de onda, variables, especialmente en términos del intervalo de repetición de impulsos de las señales o de la frecuencia portadora de los impulsos de las señales, lo que complica el proceso de desentrelazado.
- 15 **[0005]** A la gran riqueza de formas de ondas del mundo electromagnético le corresponde una gran variedad de tratamientos de desentrelazado dirigidos a extraer los impulsos de una misma forma de onda del medio electromagnético ambiente. Más en particular, el dominio técnico, objeto de este procedimiento, se refiere al desentrelazado de formas de ondas cuyo intervalo de repetición de impulsos es medio o corto (hasta varios cientos de microsegundos). Estas formas de ondas están constituidas generalmente por varios trenes de impulsos.
- 20 **[0006]** Se sabe cómo usar extractores de señales de radar implementando un proceso de desentrelazado de señales de radar en dos etapas. La primera etapa consiste en la formación de trenes de impulsos a partir del conjunto de los impulsos interceptados. La segunda etapa consiste en agrupar los trenes de impulsos formados para obtener señales de radar desentrelazadas.
- 30 **[0007]** La primera etapa de formación de los trenes de impulsos aprovecha las informaciones estadísticas de las señales interceptadas tales como las frecuencias de las portadoras de los impulsos de las señales, los intervalos de repetición de impulsos y las direcciones de llegada de los impulsos.
- 35 **[0008]** La segunda etapa de agrupación de trenes de impulsos agrupa los trenes de impulsos formados según su proximidad para formar señales desentrelazadas.
- [0009]** No obstante, los algoritmos existentes de agrupación de trenes de impulsos no ofrecen el mismo nivel de madurez que los de formación de trenes de impulsos. En particular, la etapa de agrupación de trenes de impulsos se aborda generalmente como un problema de «clustering» o de «clasificación de datos», en el que cada tren se compara con otro según un único criterio de distancia. Sin embargo, las formas de ondas formadas por los trenes de impulsos tienen una gran diversidad, de manera que algunas familias de formas de ondas pueden tener características totalmente antagonistas entre sí. En consecuencia, un criterio de distancia único puede llevar a la reconstrucción de señales erróneas.
- 40 **[0010]** El problema técnico se traslada a la agrupación de trenes de impulsos obtenidos de una misma señal de radar en el entorno electromagnético denso en el que pueden aparecer varias formas de ondas distintas simultáneamente, consistiendo la dificultad en no realizar agrupaciones inadecuadas de trenes de impulsos.
- 50 **[0011]** El documento US-2011/0.150.053-A describe un procedimiento y un aparato de detección de una señal de radar. El procedimiento comprende la recogida de una pluralidad de impulsos basada en una señal de referencia. El procedimiento comprende asimismo la clasificación de los impulsos en grupos en función de la semejanza de las amplitudes de impulsos.
- 55 **[0012]** El artículo de MARDIA H.K. titulado «New techniques for the deinterleaving of repetitive sequences» publicado el 1 de agosto de 1989 en IEE Proceedings F. Communications, Radar & Signal Processing, Institution of Electrical Engineers, volumen 136, número 4, parte F, páginas 149 a 154, describe un algoritmo para desentrelazar de forma rápida y precisa varias señales repetitivas.
- 60 **[0013]** Existe así la necesidad de un procedimiento de desentrelazado de señales de radar que permita agrupar trenes de impulsos con una mejor fiabilidad, limitando los riesgos de obtención de una señal desentrelazada errónea, con una implementación rápida.
- 65 **[0014]** Para este fin, la invención tiene como objeto un procedimiento de desentrelazado de señales de radar

del tipo citado anteriormente, en el que el procedimiento incluye además las características de la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

**[0015]** Según formas específicas de implementación, el procedimiento de desentrelazado comprende una o varias características de las reivindicaciones 2 a 11, tomadas de forma aislada o según todas las combinaciones técnicamente posibles.

**[0016]** La invención se refiere también a un dispositivo de desentrelazado de señales de radar según la reivindicación 12.

10

**[0017]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán a partir de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación de formas de realización de la invención, ofrecida únicamente a título de ejemplo y en referencia a los dibujos que son:

- 15 - la figura 1, una representación esquemática de un dispositivo de desentrelazado de señales de radar que permite la implementación de un procedimiento de desentrelazado según la invención,  
- la figura 2, un organigrama de un ejemplo de implementación de un procedimiento de desentrelazado según la invención,  
- la figura 3, una representación esquemática de tres trenes de impulsos,  
20 - la figura 4, una representación esquemática de un tren de impulsos y las magnitudes que definen este tren de impulsos,  
- la figura 5, una representación esquemática de una señal y de un tramo de impulsos derivado de la agrupación de tres trenes de impulsos de esta señal,  
- la figura 6, una representación esquemática que ilustra la agrupación de dos trenes de impulsos durante una etapa de agrupación del procedimiento de desentrelazado según la invención,  
25 - la figura 7, un organigrama del funcionamiento de un algoritmo implementado en el curso del procedimiento de desentrelazado según la invención,  
- la figura 8, una representación esquemática de una fase de eliminación de elementos incompatibles con un grupo de referencia,  
30 - la figura 9, una representación esquemática de una fase de agregación de un elemento compatible con un grupo de referencia cuando la distancia entre el elemento y el grupo de referencia es mínima con respecto a los otros elementos compatibles,  
- la figura 10, una representación esquemática de un grupo de tramos de impulsos formados a partir de tramos de impulsos de una forma de onda de tipo FMICW,  
35 - la figura 11, una representación esquemática que ilustra la asociación de tres tramos de impulsos para formar grupos de tramos de impulsos durante otra etapa de asociación del procedimiento de desentrelazado según la invención,  
- la figura 12, una representación esquemática que ilustra la asociación de ocho tramos de impulsos para formar dos grupos de tramos de impulsos durante una etapa de asociación del procedimiento de desentrelazado según la invención, y  
40 - la figura 13, una representación esquemática del proceso de desentrelazado de señales de radar desde la recepción de las señales por un receptor hasta la obtención de señales desentrelazadas.

**[0018]** En la figura 1 se representa un dispositivo 10 de desentrelazado de señales de radar. El dispositivo 10 de desentrelazado de señales de radar es capaz de implementar un procedimiento de desentrelazado de señales de radar.

**[0019]** Los datos en entrada del dispositivo 10 de desentrelazado son medidas de las características de los impulsos recibidos por el dispositivo 10. Las características son, por ejemplo, la frecuencia portadora de los impulsos, la amplitud de los impulsos, la potencia de los impulsos, la dirección de llegada de los impulsos o los periodos de repetición de impulsos. Dichas medidas características de impulsos se obtienen, a modo de ejemplo:

- de la recepción de señales de radar por un receptor, después de la digitalización de las señales y de la extracción de los impulsos de las señales por una unidad de tratamiento digital de la señal,  
55 - de la recepción de señales analógicas creadas en laboratorio simulando la recepción de señales de radar, después de la digitalización de las señales y de la extracción de los impulsos de las señales por una unidad de tratamiento digital de la señal,  
- de la generación, por medio de un software, de datos digitales que simulan la recepción y la digitalización de señales de radar, y de la extracción de los impulsos de las señales por una unidad de tratamiento digital de la señal,  
60 o  
- de la generación, por medio de un software, de impulsos que a continuación se registran en una interfaz de recepción.

**[0020]** Como se ilustra en la figura 1, el dispositivo 10 comprende un receptor 12 de ondas electromagnéticas, una calculadora 14 y un soporte legible de informaciones 16 en interacción con la calculadora 14.

- 5 **[0021]** El receptor 12 es capaz de recibir las señales electromagnéticas que provienen, por ejemplo, de sistemas de detección radioeléctricos tales como radares. Las señales electromagnéticas se obtienen, por ejemplo, de emisores de radar o son señales analógicas creadas en laboratorio y que simulan señales de radar.
- [0022]** El receptor 12 está conectado a la calculadora 14 y es capaz de enviar las señales recibidas por este receptor 12 a la calculadora 14.
- 10 **[0023]** El receptor 12 es, por ejemplo, una antena. A modo de ejemplo, el receptor 12 es una antena elemental, una antena en red, una antena con reflector, una antena de polarización circular, una antena de guía de onda, una antena activa, una antena recortada, una antena de banda ancha, una antena de placa, una antena marco o una antena en bucle o un sistema constituido por una o varias de las antenas precedentes.
- 15 **[0024]** La calculadora 14 es capaz de recibir señales provenientes por ejemplo del receptor 12 o datos digitales provenientes de software de simulación.
- [0025]** La calculadora 14 es un ordenador que incluye un procesador 18 y, opcionalmente, una interfaz hombre-máquina 20 y una unidad de visualización 22.
- 20 **[0026]** La calculadora 14 comprende, además, una unidad de tratamiento digital de la señal 23 y opcionalmente una interfaz 32.
- [0027]** El procesador 18 comprende una unidad de tratamiento de datos 24, memorias 26 y un lector 28 de soporte de informaciones.
- 25 **[0028]** El lector 28 de soporte de informaciones es capaz de recibir y de leer el soporte legible de informaciones 16. El lector 28 de soporte de informaciones está conectado con la unidad de tratamiento de datos 24. El soporte legible de informaciones 16 es un soporte legible por el lector 28 de soporte de informaciones. El soporte legible de informaciones 16 es un medio adaptado para almacenar instrucciones electrónicas y susceptible de acoplarse con un bus de un sistema informático. A modo de ejemplo, el soporte legible de informaciones 16 es un disquete o disco flexible (de la denominación en inglés *floppy disc*), un disco óptico, un CD-ROM, un disco magnetoóptico, una memoria ROM, una memoria RAM, una memoria EPROM (acrónimo del inglés *Erasable Programmable Read-Only Memory*), una memoria EEPROM (acrónimo del inglés *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*), una tarjeta magnética o una tarjeta óptica.
- 30 **[0029]** En el soporte legible de informaciones 16 se almacena un producto de programa de ordenador que incluye las instrucciones de programa. El programa de ordenador puede cargarse en la unidad de tratamiento de datos 24 y está adaptado para activar la implementación de un procedimiento de desentrelazado de señales de radar según la invención.
- 35 **[0030]** La interfaz hombre-máquina 20 es, por ejemplo, un teclado.
- [0031]** La unidad de visualización 22 es, por ejemplo, una pantalla.
- 40 **[0032]** La unidad de tratamiento digital de la señal 23 está configurada para tratar digitalmente las señales recibidas por la calculadora 14. Más exactamente, la unidad de tratamiento digital de la señal 23 está configurada para digitalizar las señales recibidas, extraer los impulsos de las señales y medir las características de cada impulso extraído.
- 45 **[0033]** Como variante, la unidad de tratamiento digital de la señal 23 está igualmente para generar datos digitales que simulan la recepción y la digitalización de señales de radar o para generar directamente los impulsos.
- [0034]** La interfaz 32 permite, por una parte, almacenar impulsos resultantes del tratamiento digital de la señal efectuado por la unidad de tratamiento digital de la señal 23 y por otra parte recibir impulsos almacenados previamente o recibir impulsos generados por un software de simulación.
- 50 **[0035]** A continuación se describe el funcionamiento del dispositivo de desentrelazado de señales de radar con referencia a la figura 2 que es un organigrama de un ejemplo de implementación de un procedimiento de desentrelazado de señales de radar según la invención.
- 55 **[0036]** El procedimiento de desentrelazado comprende una etapa de recepción 100 de una pluralidad de señales electromagnéticas por el receptor 12, de digitalización de las señales recibidas y de extracción de los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  electromagnéticos de las señales digitalizadas por el tratamiento digital de la señal. La digitalización de las señales y la extracción de los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  son realizadas por la unidad de tratamiento digital de la señal 23 y son registran opcionalmente en la interfaz 32. Dichos impulsos  $I_1, \dots, I_m$  electromagnéticos
- 60
- 65

proceden o son representativos, especialmente, de señales emitidas por sistemas de detección radioeléctricos tales como los de radar.

**[0037]** Como variante, los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  ya están registrados en la interfaz 32.

5

**[0038]** Las etapas del procedimiento de desentrelazado descritas a continuación son implementadas por la calculadora 14 en interacción con el soporte legible de informaciones 16.

**[0039]** El procedimiento de desentrelazado comprende a continuación una etapa 110 de formación de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  a partir de los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  recibidos por el receptor 12 o registrados en la interfaz 32.

10

**[0040]** Durante la etapa de formación 110, se agrupan al menos tres impulsos  $I_1, I_2, I_3$  para formar un tren de impulsos  $T_x$ . El criterio de formación de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  consiste en agrupar en un mismo tren de impulsos  $T_x$ , los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  que tienen un mismo intervalo de repetición de impulsos PRI. El término «intervalo de repetición de impulsos» se entiende como el período que separa dos impulsos consecutivos. En otros términos, los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  agrupados en un mismo tren de impulsos  $T_x$  son tales que dos impulsos consecutivos cualesquiera del tren de impulsos  $T_x$  están separados por el mismo intervalo de repetición de impulsos PRI que otros dos impulsos consecutivos cualesquiera del tren de impulsos  $T_x$ .

15

**[0041]** Los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  formados constituyen un conjunto  $E_T$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ . Los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  formados son definidos por el intervalo de repetición de impulsos PRI que separa dos impulsos consecutivos del tren de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ .

20

**[0042]** En la figura 3 se ilustran tres trenes de impulsos  $T_1, T_2$  y  $T_3$  que tienen intervalos de repetición de impulsos,  $PRI_1, PRI_2$  y  $PRI_3$ , en su caso diferentes unos de otros.

25

**[0043]** Como se ilustra en la figura 4, un tren de impulsos  $T_x$  está definido también por el tiempo de llegada del primer impulso  $I_1$  del tren de impulsos  $T_x$ , denominado  $TOA_{ini}$  y el tiempo de llegada del último impulso  $I_m$  del tren de impulsos  $T_x$ , denominado  $TOA_{fin}$ .

30

**[0044]** Además, cada tren de impulsos  $T_x$  está definido en su caso por al menos un elemento elegido en un grupo constituido por: la frecuencia de los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  del tren de impulsos  $T_x$ , la duración de los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  del tren de impulsos  $T_x$  y la dirección de llegada de los impulsos  $I_1, \dots, I_m$  del tren de impulsos  $T_x$ .

**[0045]** El procedimiento de desentrelazado comprende a continuación una etapa 120 de rechazo de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  incoherentes.

35

**[0046]** La etapa de rechazo 120 verifica la coherencia en el intervalo de repetición de impulsos PRI de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  formados durante la etapa de formación 110. En la práctica, algunos trenes de impulsos  $T_x$  pueden haberse formado por la mezcla de al menos dos intervalos de repetición de impulsos PRI cercanos pero diferentes. Un tren de impulsos  $T_x$  incoherente en términos de intervalo de repetición de impulsos PRI se detecta, por ejemplo, gracias a una prueba estadística que se basa en los intervalos que separan todos los impulsos del tren  $T_x$ . Por ejemplo, puede usarse una prueba de  $\chi^2$ . Los trenes de impulsos  $T_x$  que se consideran incoherentes en términos del intervalo de repetición de impulsos PRI son eliminados del conjunto  $E_T$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ .

40

**[0047]** En el curso de esta etapa de rechazo 120, opcionalmente, se verifica asimismo la coherencia de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  en términos de frecuencia portadora de los impulsos. Por el término «frecuencia portadora de un impulso» se entiende la frecuencia de la portadora del impulso, siendo la portadora una onda modulada por una señal de entrada. En la práctica, algunos trenes de impulsos  $T_x$  pueden haberse formado por la mezcla de al menos dos frecuencias portadoras cercanas pero diferentes. Un tren de impulsos  $T_x$  incoherente en términos de frecuencia portadora se detecta, por ejemplo, gracias a una prueba estadística que se basa en las frecuencias de los impulsos del tren  $T_x$ . Por ejemplo, puede usarse una prueba de  $\chi^2$ . Los trenes de impulsos  $T_x$  considerados incoherentes en términos de la frecuencia portadora de los impulsos son eliminados del conjunto  $E_T$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ .

45

**[0048]** En el caso en que los intervalos de repetición de impulsos PRI, respectivamente las frecuencias portadoras de los impulsos, se modelizan como variables gaussianas e independientes entre sí, la coherencia en intervalo de repetición de impulsos PRI, respectivamente en frecuencia portadora de los impulsos, se evalúa mediante una prueba estadística de  $\chi^2$  cuadrado. Por la expresión «prueba de  $\chi^2$  cuadrado», abreviado como «prueba  $\chi^2$ », o «prueba  $\chi^2$ », una prueba estadística que permite probar la adecuación de una serie de datos a una familia de leyes de probabilidades o probar la independencia entre dos variables aleatorias.

50

**[0049]** El procedimiento de desentrelazado comprende a continuación una etapa 130 de rechazo de los trenes de impulsos  $T_x$  que no pertenecen a la categoría de las formas de ondas de tipo de frecuencia de recurrencia alta o media. Una forma de onda agrupa trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  que tienen características comunes,

55

especialmente en términos del intervalo de repetición de impulsos PRI, la frecuencia portadora de los impulsos y el número de impulsos. Por ejemplo, el conjunto de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  que tienen intervalos de repetición de impulsos PRI cortos y un gran número de impulsos constituye una forma de onda de tipo frecuencia de recurrencia alta o media. Por el contrario, el conjunto  $E_T$  de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  que tienen intervalos de repetición de impulsos PRI elevados y un número de impulsos bajo constituye otra forma de onda de tipo de frecuencia de recurrencia baja.

**[0050]** La etapa de rechazo 130 comprende la definición de umbrales característicos de una forma de onda: un umbral de intervalo de repetición de impulsos  $S_{PRI}$  y un umbral de número de impulsos  $S_{Impulsos}$ .

**[0051]** El umbral de intervalo de repetición de impulsos  $S_{PRI}$  y el umbral de número de impulsos  $S_{Impulsos}$  se definen a partir de una base de datos representativa de un cierto número de formas de ondas de radar de interés. En una variante de realización, esta base de datos de formas de ondas se almacena en la memoria 26 del procesador 18. En otra variante de realización, solo los umbrales determinados a partir de la base de datos se almacenan en la memoria 26 del procesador 18.

**[0052]** El umbral  $S_{PRI}$  se elige de manera que sea superior a los valores observados mayoritariamente en la base de datos de formas de ondas. El umbral de intervalo de repetición de impulsos  $S_{PRI}$  está comprendido, por ejemplo, en sentido extenso entre 1 microsegundo ( $\mu s$ ) y 1 milisegundo (ms) para probar la pertenencia a las formas de ondas de tipo frecuencia de recurrencia alta o media.

**[0053]** El umbral  $S_{Impulsos}$  se elige de manera que sea inferior a los valores observados mayoritariamente en la base de datos de formas de ondas. El umbral de número de impulsos  $S_{Impulsos}$  está comprendido, por ejemplo, en el sentido extenso entre 1 impulso y 100 impulsos para probar la pertenencia a las formas de ondas de tipo frecuencia de recurrencia alta o media. En este caso, dichos umbrales de intervalo de repetición de impulsos  $S_{PRI}$  y de número de impulsos  $S_{Impulsos}$  permiten excluir los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de tipo frecuencia de recurrencia baja.

**[0054]** La etapa de rechazo 130 comprende a continuación el rechazo de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  cuyo intervalo de repetición de impulsos PRI es superior al umbral de intervalo de repetición de impulsos  $S_{PRI}$ . La etapa de rechazo 130 comprende igualmente el rechazo de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  cuyo número de impulsos es inferior al umbral de número de impulsos  $S_{Impulsos}$ .

**[0055]** El umbral de intervalo de repetición de impulsos  $S_{PRI}$  y el umbral de número de impulsos  $S_{Impulsos}$  forman así un modelo de manera que cualquier tren de impulsos  $T_x$  que salga de este modelo es rechazado. Así, los trenes de impulsos  $T_x$  rechazados son retirados del conjunto  $E_T$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  y son tratados a continuación por otro procedimiento de desentrelazado específico.

**[0056]** El procedimiento de desentrelazado comprende a continuación una etapa 140 de clasificación de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ .

**[0057]** La etapa de clasificación 140 consiste en una ordenación de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  del conjunto  $E_T$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  según la frecuencia portadora de los impulsos de cada tren de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ .

**[0058]** En el curso de esta etapa de clasificación 140, los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  se distribuyen en dos clases  $C_1, C_2$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ . La primera clase  $C_1$  agrupa los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora fija, es decir, los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  formados por impulsos que tienen la misma frecuencia portadora para una incertidumbre de medida cercana. La incertidumbre de medida es igual, por ejemplo, a más o menos el 5 por ciento (%) de la frecuencia portadora. Los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora fija se denominan también trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  monofrecuencia.

**[0059]** La segunda clase  $C_2$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  agrupa los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora variable, es decir, los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  formados por impulsos de frecuencias portadoras diferentes. Los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora variable se denominan también trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  con agilidad de frecuencia. La frecuencia portadora de los impulsos de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  con agilidad de frecuencia es generalmente aleatoria o pseudoaleatoria.

**[0060]** El procedimiento de desentrelazado comprende, a continuación, una etapa 150 de agrupación de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  del conjunto  $E_T$  de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ .

**[0061]** Durante la etapa de agrupación 150, los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  que tienen un mismo intervalo de repetición de impulsos PRI se agrupan según al menos una ley de agrupación predefinida para formar tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$ .

**[0062]** Mediante la expresión «tramo de impulsos» se indica un conjunto de impulsos que pertenecen al

menos a un tren de impulsos formado durante la etapa de agrupación 150.

**[0063]** En la figura 5 se ilustra un ejemplo de señal recibida R por el receptor 12 y un tramo de impulsos P<sub>1</sub> formado por la agrupación de trenes de impulsos T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> de esta señal. Asimismo, en la figura 6 se ilustra un tramo de impulsos P<sub>2</sub> obtenido de la agrupación de trenes de impulsos T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub>.

**[0064]** Más exactamente, la etapa 150 de agrupación de trenes de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> se implementa, por una parte, para los trenes de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> de frecuencia portadora fija durante una primera subetapa 160 para obtener tramos de impulsos P<sub>1</sub>, ..., P<sub>p</sub> de frecuencia portadora fija. La ley de agrupación usada se denomina «ley de agrupación fija». La etapa 150 de agrupación de trenes de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> se implementa, por otra parte, para los trenes de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> de frecuencia portadora variable durante una segunda subetapa 170 para obtener tramos de impulsos P<sub>1</sub>, ..., P<sub>p</sub> de frecuencia portadora variable. La ley de agrupación usada se denomina «ley de agrupación variable».

**[0065]** Los trenes de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> agrupados durante la etapa de agrupación 150 no se han puesto juntos para formar un único tren de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> durante la etapa de formación 110 ya que dichos trenes de impulsos T<sub>1</sub>, ..., T<sub>n</sub> presentaban, por ejemplo, huecos M, es decir, impulsos ausentes, por motivos técnicos. Estos motivos técnicos dependen principalmente de limitaciones de escucha del receptor 12, de la calidad de las medidas por parte de la unidad de tratamiento digital de la señal 23, de la proximidad del receptor 12 con respecto al emisor, de la colocación del receptor 12 con respecto al emisor y de las perturbaciones electromagnéticas.

**[0066]** Los huecos se representan, por ejemplo, en los trenes de impulsos T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub>. Los impulsos ausentes son reconstituidos durante la formación del tramo de impulsos P<sub>2</sub>.

**[0067]** De forma general, una ley de agrupación consiste en un algoritmo cuya estructura general se describe en referencia a la figura 7.

**[0068]** Inicialmente, el algoritmo comprende una fase 150A de elección de un elemento de referencia e<sub>ref</sub> entre un conjunto de elementos E.

**[0069]** El algoritmo comprende, a continuación, una fase 150B de supresión del elemento de referencia e<sub>ref</sub> del conjunto de elementos E y de adición, en un conjunto de grupos E<sub>g</sub>, de un grupo de referencia g<sub>ref</sub> que incluye el elemento de referencia e<sub>ref</sub>.

**[0070]** El algoritmo comprende, a continuación, una fase 150C de selección en el conjunto de elementos E, de los elementos compatibles con el grupo de referencia g<sub>ref</sub> según un conjunto de criterios C. Los elementos compatibles con el grupo de referencia g<sub>ref</sub> forman un conjunto de elementos candidatos E<sub>c</sub>. Los criterios C se eligen, por ejemplo, de acuerdo con estadísticas sobre las características de formas de ondas de radar de la base de datos de formas de ondas.

**[0071]** Por ejemplo, la figura 8 ilustra un grupo G<sub>3</sub> ya formado y un grupo G<sub>4</sub> en curso de formación que es por tanto en este estadio el grupo de referencia g<sub>ref</sub> del algoritmo. Los elementos e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub> y e<sub>4</sub> son los elementos del conjunto de elementos E del algoritmo. Tal como se ilustra con una cruz en esta figura 8, los elementos e<sub>1</sub> y e<sub>3</sub> son incompatibles con el grupo G<sub>4</sub> en formación. Por el contrario, tal como se ilustra mediante una muesca en esta figura 8, los elementos e<sub>2</sub> y e<sub>4</sub> son compatibles para agregarse al grupo G<sub>4</sub> en formación. El conjunto de los elementos candidatos E<sub>c</sub> del algoritmo comprende por tanto dos elementos: e<sub>2</sub> y e<sub>4</sub>.

**[0072]** El algoritmo comprende, a continuación, una fase 150D de evaluación de la distancia entre el grupo de referencia g<sub>ref</sub> y cada elemento del conjunto de elementos candidatos E<sub>c</sub>.

**[0073]** Además, el algoritmo comprende una fase 150E de anexión de un elemento del conjunto de elementos candidatos E<sub>c</sub> al grupo de referencia g<sub>ref</sub>. El elemento anexado se retira del conjunto de elementos E. El elemento del conjunto de elementos candidatos E<sub>c</sub> agregado al grupo de referencia g<sub>ref</sub> es el elemento que tiene la menor distancia d. Por la expresión «anexión de un elemento a un grupo» se entiende la agregación del elemento al grupo: como consecuencia de la anexión el grupo final está formado por el grupo inicial y el elemento anexado que se reúne así con el grupo inicial.

**[0074]** Por ejemplo, la figura 9 ilustra la determinación del elemento que se agregará al grupo de referencia g<sub>ref</sub>, es decir, el grupo G<sub>4</sub> en formación, entre el conjunto de elementos candidatos E<sub>c</sub>. La figura 9 comprende los mismos grupos y elementos que los de la figura 8, aunque representados de manera diferente. Así, el grupo G<sub>3</sub> ya formado comprende tres elementos representados por tres círculos. El grupo G<sub>4</sub> en curso de formación comprende ya cuatro elementos representados por cuatro círculos. Como puede verse en la figura 9, la distancia d<sub>2</sub> que separa el elemento e<sub>2</sub> del grupo G<sub>4</sub> es inferior a la distancia d<sub>4</sub> que separa el elemento e<sub>4</sub> del grupo G<sub>4</sub>. En consecuencia, el elemento del conjunto de elementos candidatos E<sub>c</sub> que reduce al mínimo la distancia con el grupo de referencia g<sub>ref</sub> es el elemento e<sub>4</sub>. Así, el elemento e<sub>4</sub> se agregará al grupo G<sub>4</sub> en formación.

**[0075]** Las fases de selección de elementos compatibles 150C, de evaluación de distancia 150D y de anexión 150E se repiten, a continuación, con los elementos que quedan del conjunto de elementos E, siempre que el conjunto de los elementos candidatos  $E_c$  calculado en la fase de selección de elementos compatibles 150C incluya 5 elementos.

**[0076]** Finalmente, las fases de elección 150A, de supresión y de adición 150B, de selección de elementos compatibles 150C, de evaluación de distancia 150D y de anexión 150E se repiten siempre que el conjunto de elementos E incluya elementos.

10

**[0077]** A continuación se describe de manera específica la ley de agrupación fija aplicada durante la primera subetapa 160.

**[0078]** Cada elemento del algoritmo es un tren de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de la primera clase  $C_1$  de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora fija y cada grupo del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija. El grupo de referencia  $g_{ref}$  del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$ . Además, el conjunto de elementos E inicial del algoritmo es el conjunto de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de la primera clase  $C_1$  de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora fija.

**[0079]** Durante la fase de elección 150A, el elemento elegido entre el conjunto de elementos E es el elemento cuyo tiempo de llegada del primer impulso es el menor. En otros términos, el elemento elegido es el elemento del conjunto de elementos E que llegan primero al receptor 12 o incluso el elemento registrado en la interfaz 32 con el tiempo de llegada del primer impulso TOA menor.

**[0080]** El conjunto de criterios C comprende los criterios siguientes: un criterio de dirección de llegada, un criterio temporal, un criterio de frecuencia, un criterio de amplitud de impulso, un criterio de intervalo de repetición de impulsos y un criterio de fase.

**[0081]** Solo los elementos del conjunto de elementos E que verifican la integridad de los criterios del conjunto de criterios C son compatibles con el grupo de referencia  $g_{ref}$  y se añaden al conjunto de elementos candidatos  $E_c$ .

30

**[0082]** Como variante, el conjunto de criterios C no comprende la integridad de los criterios enunciados o comprende criterios diferentes de estos enunciados.

**[0083]** El criterio de dirección de llegada permite probar la compatibilidad de cada elemento del conjunto de elementos E con el grupo de referencia  $g_{ref}$  en función de su dirección de llegada DOA. El criterio de dirección de llegada estipula que para ser compatibles, el grupo de referencia  $g_{ref}$  y el elemento deben estar formados por impulsos que tienen la misma dirección de llegada DOA.

**[0084]** El criterio de dirección de llegada es verificado para un elemento del conjunto de elementos E cuando el elemento verifica una prueba de comparación de las direcciones de llegada DOA del elemento y del grupo de referencia  $g_{ref}$ . La prueba de comparación se basa en un modelo estadístico de la dirección de llegada DOA y se adapta para tener en cuenta la proporción de valores aberrantes. Para verificar la prueba de comparación, el elemento del conjunto de elementos E debe verificar la ecuación  $ec_1$  siguiente:

45

$$(DOA_1 - DOA_2)^2 \gg 2 * \frac{\sigma^2}{1 - 2r} * \frac{\pi}{2} * \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) * \text{erf}^{-1} \left( P(H_0 | H_0) \right)$$

en la que  $DOA_1$  es la dirección de llegada del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$DOA_2$  es la dirección de llegada del elemento del conjunto de elementos E para la prueba,

50  $\sigma^2$  es la varianza de la dirección de llegada de los impulsos,

r es la proporción de medidas de dirección de llegada degradadas,

$n_1$  es el número de impulsos presentes en el grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$n_2$  es el número de impulsos presentes en el elemento del conjunto de elementos E para la prueba,

$\text{erf}^{-1}$  es la inversa de la función de error, con la función de error obtenida por la ecuación  $\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$  y

55  $P(H_0|H_0)$  es la probabilidad de detección de igualdad entre  $DOA_1$  y  $DOA_2$ , de manera que  $H_0$  designa la hipótesis de que los valores  $DOA_1$  y  $DOA_2$  sean iguales, y  $P(H_0|H_0)$  designa la probabilidad de hacer la elección  $H_0$  sabiendo que se está en el caso  $H_0$ .

**[0085]** Como variante, otra prueba de comparación consiste en calcular, y después en comparar, la dirección de llegada DOA media de los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$  con respecto a la dirección de llegada DOA media

60



de los impulsos de cada elemento del conjunto de elementos E.

**[0086]** Como variante, otra prueba más de comparación consiste en calcular, y después en comparar, la dirección de llegada DOA mediana de los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$  con respecto a la dirección de llegada DOA mediana de los impulsos de cada elemento del conjunto de elementos E. El empleo de la mediana y no de la media permite evitar tener en cuenta datos aberrantes muy presentes en las medidas de direcciones de llegada DOA.

**[0087]** El criterio temporal permite probar la compatibilidad temporal de cada elemento del conjunto de elementos E con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . El criterio temporal estipula que un elemento del conjunto de elementos E que se superpone en el tiempo con el grupo de referencia  $g_{ref}$  es incompatible con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . El criterio temporal estipula, además, que una desviación en el tiempo demasiado importante entre un elemento del conjunto de elementos E y el grupo de referencia  $g_{ref}$  conlleva igualmente una incompatibilidad del elemento con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . En la práctica, una desviación en el tiempo importante entre el grupo de referencia  $g_{ref}$  y el elemento puede significar que no han existido impulsos emitidos. En este caso, el grupo de referencia  $g_{ref}$  y el elemento, aunque pertenecen al mismo emisor, son distintos.

**[0088]** La desviación en el tiempo máxima que separa el grupo de referencia  $g_{ref}$  de un elemento compatible del conjunto de elemento E es, por ejemplo, un múltiplo del intervalo de repetición de impulsos PRI medio del grupo de referencia  $g_{ref}$ . La desviación en el tiempo máxima es, por ejemplo, igual a veinte veces el valor medio del intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{ref}$ . El valor del múltiplo se fija de manera empírica o a partir de la base de datos de formas de ondas. Como variante, pueden contemplarse asimismo otros valores de múltiplos u otros valores de umbrales que no dependen del intervalo de repetición de impulsos PRI.

**[0089]** El criterio de frecuencia permite probar la compatibilidad de frecuencia de los elementos del conjunto de elementos E con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . El criterio de frecuencia estipula que para ser compatibles dos elementos deben estar formados por impulsos que tienen la misma frecuencia portadora  $f$ . El criterio de frecuencia se verifica así para un elemento del conjunto de elementos E cuando el elemento verifica una prueba de comparación de las frecuencias portadoras de los impulsos del elemento con las frecuencias portadoras de los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ .

**[0090]** La prueba de comparación consiste en comparar la frecuencia portadora media de los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$  con respecto a la frecuencia portadora media de los impulsos de cada elemento del conjunto de elementos E. Dicha prueba de comparación se basa en el hecho de que una medida de frecuencia sigue un modelo gaussiano de varianza conocida. No obstante, en la hipótesis en que las medidas de frecuencia portadoras se obtienen ayudándose de ventanas de frecuencia, deben preverse las posibilidades de exclusión de ciertos valores de frecuencia. En este caso, la distribución de las frecuencias portadoras medidas ya no es gaussiana, ya que está truncada parcialmente, y por tanto la comparación de las medias está sesgada.

**[0091]** Como variante, especialmente en el caso en que la distribución de frecuencias ya no es gaussiana, se usa una prueba  $\sigma^2$ . Para verificar el criterio de frecuencia, el elemento del conjunto de elementos E debe verificar la ecuación ec2 siguiente:

$$\sum_{i=0}^{n_1} f_{1,i}^2 + \sum_{i=0}^{n_2} f_{2,i}^2 - \frac{\left(\sum_{i=0}^{n_1} f_{1,i}^2 + \sum_{i=0}^{n_2} f_{2,i}^2\right)^2}{n_1 + n_2} \gg \sigma_f^2 * \chi_{n_1+n_2-1, P(H_0|H_0)}^2$$

en la que  $f_{1,i}$  es la frecuencia portadora del impulso de orden  $i$  del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,  $f_{2,i}$  es la frecuencia portadora del impulso de orden  $i$  del elemento del conjunto de elementos E para comparar,  $n_1$  es el número de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,  $n_2$  es el número de impulsos del elemento del conjunto de elementos E para comparar,

$\sigma_f^2$  es la varianza de la distribución de las medidas de frecuencia portadora de los impulsos,

$\chi_{v,p}^2$  es el cuantil  $x_p$  para la probabilidad  $p$  de la distribución del ji2 de  $v$  grados de libertad, es decir, que si una variable aleatoria  $X$  sigue una ley del ji2 de  $v$  grados de libertad, la probabilidad de tener  $X \leq x_p$  es  $p$ , y

$P(H_0|H_0)$  es la probabilidad de detección de igualdad entre  $\sum_{i=0}^{n_1} f_{1,i}^2$  y  $\sum_{i=0}^{n_2} f_{2,i}^2$ , de manera que  $H_0$  designa la hipótesis de que los dos valores de frecuencia sean iguales, y  $P(H_0|H_0)$  designa la probabilidad de hacer la elección  $H_0$  sabiendo que se está en el caso  $H_0$ ,

**[0092]** El criterio de amplitud de impulso permite probar la compatibilidad en amplitud de impulso LI de los elementos del conjunto de elementos E con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . El criterio de amplitud de impulso estipula que para ser compatibles el grupo de referencia  $g_{ref}$  y el elemento deben estar formados por impulsos que tienen la

misma amplitud de impulso. Como se ilustra en la figura 4, la amplitud de impulso LI de un impulso es la duración del impulso.

5 **[0093]** El criterio de amplitud de impulso se verifica para un elemento del conjunto de elementos E cuando las amplitudes de impulsos LI de los impulsos del elemento son del mismo orden de magnitud que las amplitudes de impulsos LI de los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ . Por el término «mismo orden de magnitud» se entiende una desviación relativa inferior a un umbral determinado a partir de la base de datos de formas de ondas, o que vale por ejemplo el 50%.

10 **[0094]** El criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI permite probar la compatibilidad del intervalo de repetición de impulsos PRI de cada elemento del conjunto de elementos E con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . El criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI estipula que los impulsos de cada elemento de un mismo grupo deben tener el mismo intervalo de repetición de impulsos PRI. El criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI se verifica para un elemento del conjunto de elementos E cuando el elemento verifica una prueba de comparación del  
15 intervalo de repetición de impulsos PRI del elemento con el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{ref}$ .

**[0095]** La prueba de comparación consiste en primer lugar en estimar, para cada elemento del conjunto de elementos E, el intervalo de repetición de impulsos PRI teórico obtenido de la agregación de los impulsos del  
20 elemento con los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ . El intervalo de repetición de impulsos PRI teórico se estima, por ejemplo, por el método de Fourier o por el método de los mínimos cuadrados. La prueba de comparación consiste, a continuación, en efectuar una prueba de adecuación para verificar, por ejemplo, si la suma de los errores cuadráticos es superior o inferior a un umbral. La prueba de adecuación es por ejemplo una prueba  $\chi^2$ . Esta prueba de comparación presenta la ventaja de que determina, además, el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo  
25 obtenido cuando el elemento del conjunto de elementos E se reúne con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . Sin embargo, dicha prueba de comparación es relativamente lenta y consume muchos recursos.

**[0096]** Como variante se presenta una prueba de comparación menos larga y que consume menos recursos. Para verificar el criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI, el elemento del conjunto de elementos E debe  
30 verificar la ecuación ec3 siguiente:

$$(PRI_1 - PRI_2)^2 >< 4 * \sigma_{TOA}^2 * (\text{erf}^{-1}(P_d))^2$$

en la que  $PRI_1$  es el intervalo de repetición de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,  
35  $PRI_2$  es el intervalo de repetición de impulsos del elemento del conjunto de elementos E para comparar,  
 $\sigma_{TOA}^2$  es la varianza de la distribución de las medidas del tiempo de llegada de los impulsos TOA,  
 $\text{erf}^{-1}$  es la inversa de la función de error, y  
 $P_d$  es la probabilidad de detección de igualdad de dos valores de PRI.

40 **[0097]** Como variante, si se han estimado las precisiones de los intervalos de repetición de impulsos de cada elemento, se propone otra prueba más. Para verificar el criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI, el elemento del conjunto de elementos E debe verificar la ecuación ec4 siguiente:

$$(PRI_1 - PRI_2)^2 >< 2 * (\text{var}(PRI_1) + \text{var}(PRI_2)) * (\text{erf}^{-1}(P_d))^2$$

45 en la que  $\text{var}(PRI_1)$  es la varianza del intervalo de repetición de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,  
 $\text{var}(PRI_2)$  es la varianza del intervalo de repetición de impulsos del elemento del conjunto de elementos E para comparar,  
y las otras notaciones son las de la ecuación ec3.

50 **[0098]** El criterio de intervalo de repetición de impulsos tiene en cuenta igualmente el hecho de que ciertos tramos pueden tener impulsos ausentes y que en consecuencia el intervalo de repetición de impulsos PRI medido es susceptible de ser un múltiplo del intervalo de repetición de impulsos PRI real.

55 **[0099]** Así, el criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI compara igualmente los múltiplos de los intervalos de repetición de impulsos de cada elemento del conjunto de elementos E con el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{ref}$ , y a la inversa. Por ejemplo, la prueba de comparación compara el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{ref}$  respectivamente con dos veces, tres veces, cuatro veces, el intervalo de repetición de impulsos PRI de cada elemento del conjunto de elementos E o el intervalo de repetición  
60 de impulsos PRI de cada elemento del conjunto de elementos E respectivamente con dos veces, tres veces, cuatro veces, el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{ref}$ . El número de múltiplos para comparar

depende de las condiciones de escucha y del porcentaje de huecos M de los elementos. No obstante, tres es un límite de múltiplo razonable. En la práctica es poco probable que un elemento en hueco conserve un impulso de cada cuatro en un intervalo regular.

5 **[0100]** El criterio de fase permite probar la compatibilidad en fase de los tiempos de llegada de los impulsos de cada elemento del conjunto de elementos E con el grupo de referencia  $g_{ref}$ .

**[0101]** Las fases en el tiempo de llegada de los impulsos de dos elementos se han calculado previamente con respecto a un tiempo de referencia  $t_{ref}$ . Sin embargo, si el tiempo de referencia  $t_{ref}$  está alejado de la posición temporal de los elementos para comparar, puede producirse un problema en la comparación. Desde un punto de vista matemático, la precisión de la fase en el tiempo de llegada de los impulsos se obtiene por el método de los mínimos cuadrados o también por el método de Fourier. La precisión de la fase en el tiempo de llegada de los impulsos verifica la ecuación ec<sub>5</sub> siguiente:

15 
$$\text{var } \hat{\phi} = \frac{\sum k_i^2}{n \sum k_i^2 - (\sum k_i)^2} * \sigma_{TOA}^2$$

en la que  $\hat{\phi}$  es la estimación de la fase en función del tiempo de llegada de los impulsos,

$k_i$  es el rango u orden del impulso  $i$  con respecto al tiempo cero de manera que  $k_i = \left[ \frac{t_i + \frac{1}{2}}{PRI} \right]$

siendo  $t_i$  el tiempo de llegada del impulso  $i$  y PRI el intervalo de repetición de impulsos y  $[ ]$  designa la parte entera,  $n$  es el número de impulsos del grupo obtenido, y

$\sigma_{TOA}^2$  es la varianza de la distribución de las medidas del tiempo de llegada de los impulsos TOA.

25 **[0102]** A partir de la ecuación ec<sub>5</sub>, es posible demostrar que la precisión de la fase es mejor, es decir, más reducida, cuando los órdenes de los impulsos son bajos, es decir, cuando el tiempo de referencia  $t_{ref}$  está próximo a la posición temporal del elemento.

**[0103]** El criterio de fase supone que los dos elementos para comparar verifican en primer lugar el criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI. Si no sucede así, el grupo de referencia  $g_{ref}$  y el elemento son incompatibles en fase. El criterio de fase se verifica para un elemento del conjunto de elementos E cuando el elemento verifica una prueba de comparación de las fases del elemento y del grupo de referencia  $g_{ref}$ .

35 **[0104]** La prueba de comparación incluye en primer lugar la determinación de un nuevo tiempo de referencia  $t_{ref}$ , que estará situado en el centro de la posición temporal de los dos elementos para comparar. La prueba de comparación comprende a continuación el cálculo de las fases del grupo de referencia  $g_{ref}$  y del elemento en este nuevo tiempo de referencia  $t_{ref}$ . Finalmente, el elemento del conjunto de elementos E es compatible con el grupo de referencia  $g_{ref}$  cuando verifica la ecuación ec<sub>6</sub> siguiente:

$$(\phi'_{toa,1} - \phi'_{toa,2})^2 \ll 2(\text{var}(\hat{\phi}'_{toa,1}) + \text{var}(\hat{\phi}'_{toa,2})) * \text{erf}^{-1}(P(H_0 | H_0))^2$$

40 en la que

$$\phi'_{toa,1} = (\phi_{toa,1} - t_{ref}) * \text{mod}(PRI_1)$$

y

$$\phi'_{toa,2} = (\phi_{toa,2} - t_{ref}) * \text{mod}(PRI_2)$$

45 en la que

$t_{ref} = \frac{toa_{fin,1} + toa_{ini,2}}{2}$  es la media entre el tiempo de llegada del último impulso del grupo de referencia  $g_{ref}$  y el tiempo de llegada del primer impulso del elemento del conjunto de elementos E para comparar,

(x)mod(y) indica que se calcula un módulo restando y el número de veces necesario de x para que (x)mod(y) esté

comprendido entre 0 e  $y$ ,

$\varphi_{toa,1}$  es la fase en el tiempo de llegada de los impulsos TOA del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$\varphi_{toa,2}$  es la fase en el tiempo de llegada de los impulsos TOA del elemento del conjunto de elementos E para comparar,  $var$  designa la varianza,

5 en la que  $erf^{-1}$  es la inversa de la función de error,

y en la que  $P(H_0|H_0)$  es la probabilidad de detección de igualdad entre las fases, de manera que  $H_0$  designa la hipótesis de que las fases sean iguales, y  $P(H_0|H_0)$  designa la probabilidad de hacer la elección  $H_0$  sabiendo que se está en el caso  $H_0$

10 **[0105]** Como otra variante, especialmente cuando los datos de varianza no son accesibles, el elemento del conjunto de elementos E se declara compatible con el grupo de referencia  $g_{ref}$  cuando verifica la ecuación ec7 siguiente:

$$|\dot{\varphi}_{toa,1} - \dot{\varphi}_{toa,2}| > 2 * \sigma_{toa} * erf^{-1}(P(H_0 | H_0))$$

15

en la que las notaciones son idénticas a las notaciones de las ecuaciones ec5 y ec6.

**[0106]** Solo los elementos del conjunto de elementos E que verifican la integridad de los criterios del conjunto de criterios C son compatibles con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . La posibilidad de tener al menos dos elementos

20 compatibles con el grupo de referencia  $g_{ref}$  es poco frecuente. Sin embargo, si así sucediera, la distancia  $d$  es la desviación en el tiempo que separa el último impulso  $I_m$  del grupo de referencia  $g_{ref}$  del primer impulso  $I_1$  del elemento candidato del conjunto de elemento candidato  $E_c$ . El elemento agregado al grupo de referencia  $g_{ref}$  es entonces el elemento que reduce al mínimo la distancia  $d$ , es decir, el elemento para el que la desviación en el tiempo entre el primer impulso  $I_1$  del elemento y el último impulso  $I_m$  del grupo de referencia  $g_{ref}$  es mínima.

25

**[0107]** Cuando un elemento del conjunto de elementos candidatos  $E_c$  es anexado al grupo de referencia  $g_{ref}$ , se actualizan los datos característicos del grupo obtenido.

**[0108]** Así, el tiempo de llegada del primer impulso del grupo obtenido es el mínimo entre el tiempo de llegada del primer impulso del grupo de referencia  $g_{ref}$  y el elemento anexado. El tiempo de llegada del último impulso del grupo obtenido es el máximo de los tiempos de llegada del último impulso del grupo de referencia  $g_{ref}$  y del elemento anexado.

30

**[0109]** La dirección de llegada DOA del grupo obtenido es la media de las direcciones de llegada del grupo de referencia  $g_{ref}$  y del elemento anexado.

35

**[0110]** La frecuencia portadora del grupo obtenido viene dada por la ecuación ec8 siguiente:

$$f_{grupo} = \frac{N_1 * f_1 + N_2 * f_2}{N_1 + N_2}$$

40

en la que  $f_{grupo}$  designa la frecuencia portadora del grupo obtenido,

$N_1$  designa el número de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$f_1$  designa la frecuencia portadora del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$f_2$  designa la frecuencia portadora del elemento anexado, y

45  $N_2$  designa el número de impulsos del elemento anexado.

**[0111]** La suma de las frecuencias portadoras del grupo obtenido es la adición de la suma de las frecuencias portadoras del grupo de referencia  $g_{ref}$  y de la suma de las frecuencias portadoras del elemento anexado. La suma de las frecuencias portadoras al cuadrado del grupo obtenido es la adición de la suma de las frecuencias portadoras al cuadrado del grupo de referencia  $g_{ref}$  y de la suma de las frecuencias portadoras al cuadrado del elemento anexado.

50

**[0112]** El número de impulsos del grupo obtenido es la suma del número de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$  y del número de impulsos del elemento anexado.

55

**[0113]** La amplitud de impulso LI del grupo obtenido viene dada por la ecuación ec9 siguiente:

$$LI_{grupo} = \frac{N_1 * LI_1 + N_2 * LI_2}{N_1 + N_2}$$

en la que  $L_{\text{grupo}}$  designa la longitud de impulsos LI del grupo obtenido,  
 $N_1$  designa el número de impulsos del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$ ,  
 $L_1$  designa la longitud de impulsos LI del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$ ,  
 $L_2$  designa la longitud de impulsos LI del elemento anexado, y  
 5  $N_2$  designa el número de impulsos del elemento anexado.

**[0114]** El intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo obtenido se calcula por medio de una regresión lineal por el criterio de los mínimos cuadrados en el conjunto de los impulsos del nuevo grupo. Esta regresión lineal viene dada por la ecuación ec<sub>10</sub> siguiente:

10

$$\hat{P}\hat{R}\hat{I} = \frac{\sum_i \left( k_i t_i - t_i \sum_r \left( \frac{k_r}{n} \right) \right)}{\sum k_i^2 - \frac{(\sum k_i)^2}{n}}$$

siendo  $k_i$  el orden de los impulsos,  $t_i$  el tiempo de llegada de los impulsos y  $n$  el número de impulsos del grupo obtenido.

15

**[0115]** Como variante, se calcula una aproximación del intervalo de repetición de impulsos PRI suponiendo las estimaciones del intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$  y del intervalo de repetición de impulsos PRI del elemento anexado independientes entre sí. La aproximación consiste, en primer lugar, en corregir los intervalos de repetición de impulsos PRI de los elementos del grupo y las varianzas de intervalo de repetición de impulsos PRI de los elementos del grupo cuando el intervalo de repetición de impulsos PRI de uno de los elementos del grupo es un múltiplo del intervalo de repetición de impulsos PRI del otro elemento del grupo. Por ejemplo, si el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$  es igual a dos veces el intervalo de repetición de impulsos PRI del elemento anexado, el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$  se divide por dos y la varianza de intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$  se divide por cuatro. A continuación, el intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo obtenido se calcula a partir de la ecuación ec<sub>11</sub> siguiente:

20

25

$$\hat{P}\hat{R}\hat{I} = \frac{\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2) * \hat{P}\hat{R}\hat{I}_1 + \text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1) * \hat{P}\hat{R}\hat{I}_2}{\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1) + \text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2)}$$

30 en la que  $\hat{P}\hat{R}\hat{I}$  es la estimación del intervalo de repetición de impulsos del grupo obtenido,

$\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1$  es la estimación del intervalo de repetición de impulsos del grupo de referencia  $g_{\text{ref}}$ ,

$\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1)$  es la varianza de  $\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1$

$\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2$  es la estimación del intervalo de repetición de impulsos del elemento anexado, y

$\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2)$  es la varianza de  $\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2$ .

35

**[0116]** Además, la varianza de la estimación del intervalo de repetición de impulsos PRI obtenida con la ecuación ec<sub>11</sub> verifica la ecuación ec<sub>12</sub> siguiente:

$$\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}) = \frac{\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1) * \text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2)}{\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1) + \text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}_2)}$$

40

en la que  $\text{var}(PRI)$  es la varianza de la estimación del intervalo de repetición de impulsos del grupo obtenido y las otras notaciones son idénticas a las de la ecuación ec<sub>11</sub>.

**[0117]** Como variante, en el caso en que las varianzas de los intervalos de repetición de impulsos PRI no se hayan estimado para cada elemento del grupo obtenido, otro cálculo de intervalo de repetición de impulsos PRI consiste en corregir los intervalos de repetición de impulsos múltiplos como en la variante precedente y en calcular la estimación del intervalo de repetición de impulsos PRI del grupo obtenido usando la ecuación ec<sub>13</sub> siguiente:

$$\hat{P}\hat{R}\hat{I} = \frac{TOA_{fin} - TOA_{ini}}{\left( \frac{TOA_{fin} - TOA_{ini}}{\hat{P}\hat{R}\hat{I}_1} + \frac{1}{2} \right)}$$

en la que  $TOA_{ini}$  es el tiempo de llegada del primer impulso del grupo obtenido,

5  $TOA_{fin}$  es el tiempo de llegada del último impulso del grupo obtenido, y las otras notaciones son idénticas a las notaciones de la ecuación ec<sub>11</sub>.

**[0118]** La varianza de la estimación del intervalo de repetición de impulsos PRI obtenida con la ecuación ec<sub>13</sub> verifica la ecuación ec<sub>14</sub> siguiente:

10

$$\text{var}(\hat{P}\hat{R}\hat{I}) = 2 * \frac{\sigma_{TOA}^2}{\left( \frac{TOA_{fin} - TOA_{ini}}{\hat{P}\hat{R}\hat{I}} + \frac{1}{2} \right)^2}$$

en la que  $\sigma_{TOA}^2$  es la varianza de la medida del tiempo de llegada de los impulsos, y las otras notaciones son idénticas a las notaciones de la ecuación ec<sub>13</sub>.

15

**[0119]** A continuación se calcula la fase en el tiempo de llegada TOA de los impulsos del grupo obtenido en las etapas siguientes. En primer lugar, un nuevo tiempo de referencia  $t_{ref}$  se toma centrado entre el primer elemento y el segundo elemento que forma el grupo. A continuación, se calculan las fases de cada uno de los elementos que forman el grupo con este nuevo tiempo de referencia  $t_{ref}$ . Así pues, la fase del grupo obtenido con respecto a este tiempo de referencia  $t_{ref}$  verifica la ecuación ec<sub>15</sub> siguiente:

20

$$\phi'_{TOA} = \frac{N_1 * \phi'_{TOA,1} + N_2 * \phi'_{TOA,1}}{N_1 + N_2}$$

en la que  $\phi'_{TOA}$  es la fase en el tiempo de llegada de los impulsos del grupo obtenido calculada con respecto a un tiempo de referencia  $t_{ref}$ ,

25

$\phi'_{TOA,1}$  es la fase del grupo de referencia  $g_{ref}$  recalculada con respecto a un tiempo de referencia  $t_{ref}$ ,

$N_1$  es el número de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ , y

$N_2$  es el número de impulsos del elemento anexo.

30

**[0120]** Finalmente, la fase del grupo obtenido calculada con respecto a un tiempo de origen verifica la ecuación ec<sub>16</sub> siguiente:

$$\phi_{TOA} = (\phi'_{TOA} + t_{ref}) * \text{mod}(\hat{P}\hat{R}\hat{I})$$

35

en la que  $\phi_{TOA}$  es la fase en el tiempo de llegada de los impulsos del grupo obtenido calculada con respecto al tiempo de origen,  $(x)\text{mod}(y)$  designa el módulo como en la ecuación ec<sub>6</sub>,

$t_{ref}$  es el tiempo de referencia con respecto al cual se ha calculado la fase  $\phi'_{TOA}$ ,

$\hat{P}\hat{R}\hat{I}$  es la estimación del intervalo de repetición de impulsos del grupo obtenido, y las otras notaciones son idénticas a las notaciones de la ecuación ec<sub>15</sub>,

40

**[0121]** El tiempo de origen es el tiempo de recepción del primer impulso en el receptor 12 o el menor tiempo de los impulsos registrados en la interfaz 32.

45

**[0122]** A continuación se describe de manera específica la ley de agrupación variable aplicada durante la segunda subetapa 170.

50

**[0123]** Cada elemento del algoritmo es un tren de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de la segunda clase  $C_2$  de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora variable y cada grupo del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora variable. Además, el conjunto de elementos E del algoritmo es el conjunto de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de la segunda clase  $C_2$  de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de frecuencia portadora variable.

**[0124]** En lo sucesivo, solo se señalan las diferencias de la segunda subetapa 170 con respecto a la primera subetapa 160.

**[0125]** El criterio de frecuencia estipula que la diferencia entre la frecuencia portadora máxima de los impulsos de un elemento y la frecuencia portadora mínima de los impulsos del elemento debe ser inferior a un umbral. Este umbral está relacionado con los límites tecnológicos de barrido de frecuencia de los emisores de radar de interés. Este umbral se elige de acuerdo con las estadísticas en las formas de ondas de la base de datos usada. Este umbral está comprendido, por ejemplo, en sentido extenso entre 100 Megahercios (MHz) y 10 Gigahercios (GHz).

**[0126]** El procedimiento de desentrelazado comprende a continuación una etapa 180 de asociación por superposición de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  según una ley de asociación.

**[0127]** Durante la etapa de asociación por superposición 180, los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  que tienen un mismo intervalo de repetición de impulsos PRI y que se superponen en el tiempo se agrupan para formar grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por superposición.

**[0128]** Más exactamente, se implementa la etapa 180 de asociación por superposición de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$ , únicamente para los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija obtenidos durante la etapa de agrupación 150.

**[0129]** La etapa de asociación por superposición 180 permite especialmente agrupar formas de ondas con modulación de frecuencia denominada FMICW (abreviatura del inglés *Frequency Modulated Interrupted Continuous Wave*). Las ondas FMICW están formadas por impulsos separados por un mismo intervalo de repetición de impulsos PRI y cuya frecuencia portadora aumenta continuamente en el tiempo en el curso de una duración dada. En la figura 10 se ilustra en función del tiempo el perfil de frecuencia de una onda FMICW. Los impulsos de misma frecuencia y que tienen el mismo periodo de repetición de impulsos PRI forman un tren de impulsos o un tramo de impulsos.

**[0130]** Como puede verse en la figura 10, cada impulso pertenece a un tramo de impulsos  $P_3$ . Los impulsos de un mismo tramo de impulsos  $P_3$  tienen la misma frecuencia. Los tramos de impulsos  $P_3$  de la figura 10 no se han agrupado para formar un único tramo de impulsos durante la etapa de agrupación 150 ya que el criterio temporal de la etapa de agrupación 150 elimina los elementos que se superponen en el tiempo. Ahora bien, los tramos de impulsos o trenes de impulsos de una onda FMICW se superponen en el tiempo. La etapa de asociación por superposición 180 permite así, en el caso de ondas FMICW, ensamblar los tramos de impulsos que se superponen en el tiempo de manera que se reconstruye una señal FMICW. Así, en esta figura 10, el ensamblaje de los tramos de impulsos  $P_3$  permite formar un grupo de tramos de impulsos  $G_1$ .

**[0131]** La ley de asociación usada para asociar por superposición los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija se denomina en lo sucesivo «ley de asociación por superposición».

**[0132]** La ley de asociación por superposición es implementada por un algoritmo de igual estructura general que la estructura general del algoritmo de la ley de superposición fija descrito en la etapa de agrupación 150.

**[0133]** Cada elemento del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija y cada grupo del algoritmo es un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por superposición. El grupo de referencia  $g_{ref}$  del algoritmo es un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$ . Además, el conjunto de elementos E del algoritmo es el conjunto de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija.

**[0134]** En lo sucesivo, no se describen de nuevo las características de la ley de asociación por superposición idénticas a las características de la ley de agrupación fija. A continuación se describen solo las diferencias de la ley de asociación por superposición con respecto a la ley de agrupación fija.

**[0135]** El criterio temporal estipula que para ser compatibles, dos elementos deben superponerse en el tiempo.

**[0136]** Cuando el grupo de referencia  $g_{ref}$  es un grupo de tramos de impulsos, el criterio de frecuencia es idéntico al criterio de frecuencia de la segunda subetapa 170 de la etapa de agrupación 150. En este caso, el criterio de fase no se aplica. En la práctica, no existe ninguna restricción en las fases en el tiempo de llegada de los impulsos en el nivel de grupos de tramos.

**[0137]** Cuando el grupo de referencia  $g_{ref}$  es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$ , el criterio de fase es idéntico al criterio de fase de la primera subetapa 160 de la etapa de agrupación 150. En este caso, si se verifica el criterio de fase y si se verifican igualmente los criterios de dirección de llegada, temporal, de amplitud de impulso y de intervalo de repetición de impulsos, entonces el criterio de frecuencia se evalúa según dos supuestos.

**[0138]** En el primer supuesto, las frecuencias portadoras de los impulsos de los dos tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  para comparar son idénticas y el número teórico de impulsos de los dos tramos agregados es superior o igual al número real de impulsos de los dos tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  agregados. En este primer supuesto, los dos tramos son compatibles.

5

**[0139]** En el segundo supuesto, las frecuencias portadoras de los impulsos de los dos tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  para comparar son diferentes o el número teórico de impulsos de los dos tramos agregados es inferior al número real de impulsos de los dos tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  agregados. En este segundo supuesto, los dos tramos son incompatibles.

10

**[0140]** Entre varios elementos compatibles para su agregación con un grupo de referencia  $g_{ref}$ , la etapa de asociación por superposición 180 otorga prioridad al elemento cuya fase está ya presente en el grupo de referencia  $g_{ref}$ . Esta primera regla de prioridad permite agregar en primer lugar los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  desglosadas y de un mismo intervalo de repetición de impulsos PRI. Además, si un grupo que corresponde a un FMICW está ya en formación, se aplica una segunda regla de prioridad. Según esta segunda regla de prioridad, las informaciones de los tramos ya presentes en el grupo que corresponde a un FMICW se consolidan antes de añadir un nuevo tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  al grupo.

15

**[0141]** Una vez aplicadas las reglas de prioridad, se otorga la preferencia al elemento compatible que tiene la mejor tasa de superposición con el grupo de referencia  $g_{ref}$ . La tasa de superposición viene dada por la ecuación ec17 siguiente:

20

$$tasa_{superposición} = \frac{\Delta T_{superposición}}{Min(\Delta T_1, \Delta T_2)}$$

25 en la que  $tasa_{superposición}$  es la tasa de superposición entre un primer elemento y un segundo elemento, estando esta tasa de superposición comprendida entre el 0 y el 100%

$\Delta T_{superposición}$  es la desviación temporal entre el tiempo de recepción del primer impulso del elemento compatible y el tiempo de recepción del último impulso del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$\Delta T_1$  es la duración del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

30  $\Delta T_2$  es la duración del elemento compatible, y

$Min(\Delta T_1, \Delta T_2)$  es el mínimo de  $\Delta T_1$  y  $\Delta T_2$ .

**[0142]** La distancia  $d$  que debe reducir al mínimo un elemento del conjunto de elementos candidatos para su agregación al grupo de referencia  $g_{ref}$  viene dada por la ecuación ec18 siguiente:

35

$$d = a + (1 - tasa_{superposición})$$

en la que  $a$  toma el valor cero si las fases son iguales, y toma el valor 1 si las fases no son iguales, y las otras notaciones son idénticas a las notaciones de la ecuación ec17.

40

**[0143]** La elección de dicha distancia  $d$  permite agregar al grupo de referencia  $g_{ref}$  el elemento que induce un aumento más rápido de una tasa de explotación. La tasa de explotación de un grupo es la relación entre el número de impulsos reales del grupo y el número de impulsos teóricos del grupo.

45 **[0144]** Cuando se anexa un elemento al grupo de referencia  $g_{ref}$ , las características del grupo obtenido en términos de dirección de llegada DOA de los impulsos, tiempo de llegada del primer impulso, tiempo de llegada del último impulso, frecuencia de los impulsos, número de impulso, intervalo de repetición de impulsos PRI, amplitud de impulso LI y fase en el tiempo de llegada de los impulsos se actualizan según el mismo procedimiento que durante la primera subetapa 160 de la etapa de agrupación 150.

50

**[0145]** El procedimiento de desentrelazado comprende, a continuación, una etapa 190 de asociación por conmutación de los tramos de impulsos.

**[0146]** Durante la etapa de asociación por conmutación 190, los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  que tienen un intervalo de repetición de impulsos PRI diferente y que se encadenan en el tiempo se agrupan según al menos una ley de asociación predefinida para formar grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación.

55

**[0147]** Por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 12, los tramos de impulsos  $P_7, P_8, P_9$  y  $P_{10}$  están unidos por flechas de trazo fino para formar un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación. Asimismo, los tramos de impulsos  $P_{11}, P_{12}, P_{13}$  y  $P_{14}$  están unidos por flechas de trazo grueso para formar otro grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación. Como puede verse en esta figura 12, cada grupo de tramos  $G_1, \dots, G_g$  está formado por tramos que no se superponen en el tiempo y que tienen intervalos de repetición de impulsos PRI

60



diferentes.

- [0148]** Más exactamente, la etapa 190 de asociación por conmutación de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  se implementa, por una parte, durante una primera subetapa 200, para los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija que no se han agrupado durante la etapa de asociación por superposición 180. Como resultado de esta primera subetapa 200, se obtienen grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por superposición de frecuencia portadora fija. En este caso, la ley de asociación implementación se denomina «ley de asociación por conmutación fija».
- 10 **[0149]** Por otra parte, la etapa 190 de asociación por conmutación de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  se implementa para los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora variable durante una segunda subetapa 210 para obtener grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación de frecuencia portadora variable. En este caso, la ley de asociación implementación se denomina «ley de asociación por conmutación variable».
- 15 **[0150]** Cada una de las leyes de asociación por conmutación se implementa mediante un algoritmo cuya estructura general es idéntica a la estructura general del algoritmo descrito durante la etapa de agrupación 150.
- [0151]** Cada elemento del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  y cada grupo del algoritmo es un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$ . El grupo de referencia  $g_{ref}$  es un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$ .
- 20 **[0152]** En lo sucesivo, no se vuelven a describir las características de la ley de asociación por conmutación fija idénticas a las características de la ley de agrupación fija. A continuación se describen solo las diferencias de la ley de asociación por conmutación fija con respecto a la ley de agrupación fija.
- 25 **[0153]** Cada elemento del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora variable que no se ha agregado durante la etapa de asociación por superposición 180. Cada grupo del algoritmo es un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación de frecuencia portadora fija. Además, el conjunto de elementos E del algoritmo es el conjunto de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora fija que no se han agregado durante la etapa de agrupación 150.
- 30 **[0154]** El criterio de amplitud de impulso permite determinar los tramos que tienen amplitudes de impulsos LI cercanas o factores de forma cercanos. El factor de forma de un tramo se define como la relación entre la amplitud de impulso LI del tramo y el intervalo de repetición de impulsos PRI. En la práctica, la observación de formas de ondas específicas, especialmente formas de ondas de tipo de frecuencia de recurrencia alta y frecuencia de recurrencia media, muestra una constante en los valores de amplitudes de impulsos de una misma señal y/o en los valores de los factores de forma de los tramos de una misma señal. Al ser las medidas de amplitudes de impulsos LI relativamente poco fiables, el criterio de amplitudes de impulso consiste en una prueba de comparación de órdenes de magnitud de las amplitudes de impulso de dos elementos o de factores de forma de dos elementos.
- 35 **[0155]** El criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI permite determinar los tramos que tienen intervalos de repetición de impulsos cercanos. En la práctica, la observación de diferentes formas de ondas permite definir un límite superior en las desviaciones de intervalos de repetición de impulsos de los tramos de una misma señal. En la práctica, para una misma señal, los intervalos de repetición de impulsos de los diferentes tramos que forman la señal no deben estar separados más de un cierto valor umbral. En consecuencia, dos tramos son compatibles cuando los intervalos de repetición de impulsos PRI de cada una de los dos tramos verifican la ecuación ec<sub>19</sub> siguiente:
- 40 **[0155]** El criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI permite determinar los tramos que tienen intervalos de repetición de impulsos cercanos. En la práctica, la observación de diferentes formas de ondas permite definir un límite superior en las desviaciones de intervalos de repetición de impulsos de los tramos de una misma señal. En la práctica, para una misma señal, los intervalos de repetición de impulsos de los diferentes tramos que forman la señal no deben estar separados más de un cierto valor umbral. En consecuencia, dos tramos son compatibles cuando los intervalos de repetición de impulsos PRI de cada una de los dos tramos verifican la ecuación ec<sub>19</sub> siguiente:
- 45 **[0155]** El criterio de intervalo de repetición de impulsos PRI permite determinar los tramos que tienen intervalos de repetición de impulsos cercanos. En la práctica, la observación de diferentes formas de ondas permite definir un límite superior en las desviaciones de intervalos de repetición de impulsos de los tramos de una misma señal. En la práctica, para una misma señal, los intervalos de repetición de impulsos de los diferentes tramos que forman la señal no deben estar separados más de un cierto valor umbral. En consecuencia, dos tramos son compatibles cuando los intervalos de repetición de impulsos PRI de cada una de los dos tramos verifican la ecuación ec<sub>19</sub> siguiente:

$$\frac{Max(PRI_1, PRI_2) - Min(PRI_1, PRI_2)}{Max(PRI_1, PRI_2) + Min(PRI_1, PRI_2)} < S_1$$

- 50 en la que  $PRI_1$  es el intervalo de repetición de impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,  
 $PRI_2$  es el intervalo de repetición de impulsos del elemento anexoado,  
 $Max(PRI_1, PRI_2)$  es el máximo de  $PRI_1$  y  $PRI_2$ ,  
 $Min(PRI_1, PRI_2)$  es el mínimo de  $PRI_1$  y  $PRI_2$  y  
 $S_1$  es un umbral de desviación relativo elegido de acuerdo con las estadísticas en las formas de ondas de la base de  
55 datos usada, o que equivale por ejemplo al 60%.

**[0156]** La ecuación ec<sub>19</sub> es válida para las formas de ondas de tipo frecuencia de recurrencia alta y media.

- [0157]** El criterio de frecuencia permite determinar los tramos que tienen frecuencias portadoras de los impulsos cercanos. En la práctica, la observación de diferentes formas de ondas permite proponer un límite superior en las desviaciones de frecuencia portadora de los impulsos de los tramos de una misma señal. Dicho límite superior está relacionado con los límites tecnológicos de los emisores. Según el criterio de frecuencia, dos elementos

compatibles verifican cada uno en primer lugar la ecuación ec<sub>20</sub> siguiente:

$$\frac{|f_1 - f_{med}|}{f_1 + f_{med}} < S_2$$

5 en la que  $f_1$  es la frecuencia portadora de uno de los elementos para la prueba,  
 $f_{med}$  es la media de las frecuencias portadoras obtenida de la agregación de los dos elementos para la prueba, y  
 $S_2$  es un umbral de desviación relativo elegido de acuerdo con las estadísticas en las formas de ondas de la base de datos usada, o que equivale por ejemplo al 10%.

10 **[0158]** Además, según el criterio de frecuencia, dos elementos compatibles verifican cada uno igualmente la ecuación ec<sub>21</sub> siguiente:

$$|f_1 - f_{med}| < S_3$$

15 en la que las notaciones son idénticas a las notaciones de la ecuación ec<sub>20</sub>, y  
 $S_3$  es un umbral elegido de acuerdo con las estadísticas en las formas de ondas de la base de datos usada, o que está comprendido, por ejemplo, en sentido extenso entre 100 MHz y 10 GHz.

**[0159]** El criterio de número de impulso por tramo permite determinar los tramos que tienen números de impulsos cercanos. En la práctica, la observación de diferentes formas de ondas permite determinar un umbral por encima del cual dos tramos son incompatibles.

**[0160]** Según el criterio de número de impulsos, dos elementos compatibles verifican cada uno la ecuación ec<sub>22</sub> siguiente:

25

$$\frac{|Nteo_{tramo} - Nteo_{med}|}{Nteo_{tramo} + Nteo_{med}} < S_4$$

en la que  $Nteo_{tramo}$  es el número de impulsos teórico de uno de los elementos para la prueba,  
 $Nteo_{med}$  es el número teórico medio de impulsos obtenido de la agregación de los dos elementos para la prueba, y  
 30  $S_4$  es un umbral fijado en función de la base de datos de formas de ondas usada o comprendido en sentido extenso por ejemplo entre el 5% y el 30% para las formas de ondas de tipo frecuencia de recurrencia alta o media.

**[0161]** Durante la primera subetapa 200 de la etapa de asociación por conmutación 190, la medida de distancia  $d$  permite seleccionar entre los elementos compatibles del algoritmo el que comparte el mayor número de características en común con el grupo de referencia  $g_{ref}$  del algoritmo. Las características comunes buscadas son las siguientes: el grupo de referencia  $g_{ref}$  tiene una de sus amplitudes de impulsos LI cercanas a la amplitud de impulso LI de un impulso de un elemento candidato, el grupo de referencia  $g_{ref}$  tiene un factor de forma cercano al factor de forma de un elemento candidato, el grupo de referencia  $g_{ref}$  comparte una de sus frecuencias portadoras con un elemento candidato o además el grupo de referencia  $g_{ref}$  posee el mismo número de impulsos teóricos que uno de los elementos candidatos.

**[0162]** La distancia  $d$  se define por una puntuación dada por la ecuación ec<sub>23</sub> siguiente:

45

$$d = 1 * b + 1 * c + 1 * e + 1 * g + 1 * h + puntuación$$

en la que  $b$  es un número igual a 1 si los dos elementos para comparar no presentan factor de forma común e igual a 0 en caso contrario,  
 $c$  es un número igual a 1 si los dos elementos para comparar no presentan amplitudes de impulso comunes e igual a 0 en caso contrario,  
 50  $e$  es un número igual a 1 si los dos elementos para comparar no presentan número de impulsos teórico común e igual a 0 en caso contrario,  
 $g$  es un número igual a 1 si los dos elementos para comparar no presentan intervalo de repetición de impulsos PRI común e igual a 0 en caso contrario,  
 $h$  es un número igual a 1 en el caso de tramos monofrecuencia en el que los dos elementos para comparar no presentan frecuencia portadora de impulso común e igual a 0 en los otros casos,  
 55 y puntuación es un umbral comprendido entre 0 y 1 y dado por la ecuación ec<sub>24</sub> siguiente:

$$puntuación = \frac{1}{2} \left( \frac{TOA_{ini,2} - TOA_{fin,1}}{\Delta t_{ref}} + \left| \frac{f_2 - f_{med,1}}{\Delta f_{ref}} \right| \right)$$

en la que  $TOA_{ini,2}$  es el tiempo de llegada del primer impulso del elemento,  
 $TOA_{fin,1}$  es el tiempo de llegada del último impulso del grupo de referencia,

5  $f_{med,1}$  es la frecuencia portadora media de los impulsos del grupo de referencia  $g_{ref}$ ,

$f_2$  es la frecuencia portadora de los impulsos del elemento,

$\Delta t_{ref}$  es un valor elegido de acuerdo con las estadísticas en las formas de ondas de la base de datos usada o un valor comprendido en sentido extenso entre 1 ms y 10 ms,

10  $\Delta f_{ref}$  es un valor elegido de acuerdo con las estadísticas en las formas de ondas de la base de datos usada o que puede ser igual por ejemplo al umbral  $S_3$  de la ecuación ec21. Como variante, puede usarse también otra distancia d.

**[0163]** La actualización de las características de cada grupo obtenido como resultado de la primera subetapa 200 de la etapa de asociación por conmutación 190 es idéntica a la actualización efectuada durante la etapa de asociación por superposición 180.

15

**[0164]** La segunda subetapa 210 de la etapa de asociación por conmutación 190 es rigurosamente idéntica a la primera subetapa 200 de la etapa de asociación por conmutación 190 con la diferencia de que cada elemento del algoritmo es un tramo de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora variable y cada grupo del algoritmo es un grupo de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación de frecuencia portadora variable. Además, en el caso de la

20

segunda subetapa 210, el conjunto de elementos E del algoritmo es el conjunto de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  de frecuencia portadora variable.

**[0165]** Además, la característica común según la cual el grupo de referencia  $g_{ref}$  comparte una de sus frecuencias portadoras con un elemento candidato no se investiga durante esta segunda subetapa 210 y durante

25

esta segunda subetapa 210 el número h de la ecuación ec23 es siempre cero.

**[0166]** Así, como resultado de la etapa de asociación por superposición 180 y de la etapa de asociación por conmutación 190, se obtienen tres tipos de grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$ : un primer tipo de grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por superposición, un segundo tipo de grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación de frecuencia portadora fija y un tercer tipo de grupos de tramos de impulsos  $G_1, \dots, G_g$  por conmutación de frecuencia portadora variable. Cada tipo de grupo comprende señales de radar que tienen características comunes. Cada grupo procede de la concatenación de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  que forman los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  asociados durante las etapas de asociación 180 y 190. Cada grupo es así una señal de radar desentrelazada formada a partir de la concatenación de impulsos según una ley de agrupación y una ley de

30

asociación.

35

**[0167]** La figura 13 ilustra la cadena de desentrelazado de las señales de radar. En esta figura 13, tres emisores de radar  $E_{radar}$  emiten señales de radar que son interceptadas por el receptor 12. Las señales recibidas por el receptor 12 y que provienen de emisores de radar diferentes se mezclan y se superponen entre sí. La

40

implementación del procedimiento según la invención por la calculadora 14 permite agrupar entre sí los trenes de impulsos obtenidos de un mismo emisor de radar y obtener así tres grupos de señales de radar desentrelazadas.

**[0168]** Así, el procedimiento de desentrelazado según la invención permite agrupar por separado los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de diferentes señales de radar cuyo intervalo de repetición de impulsos es medio o corto, en

45

un medio electromagnético denso.

**[0169]** Las leyes de agrupación y las leyes de asociaciones usadas para agrupar los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  de una misma señal radar implementan una primera fase de selección de los elementos compatibles y una segunda fase de minimización de una distancia d. La primera fase de selección permite especialmente eliminar los

50

trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  o tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  que no tienen las mismas características estructurales y desembarazarse así de la obtención de señales desentrelazadas erróneas. De este modo, el conjunto de criterios C permite una eliminación rápida de los elementos del algoritmo incompatibles entre sí. La velocidad del algoritmo es, así, mejor que  $O(N^2)$ , siendo N el número de elementos inicial del conjunto de elementos E del algoritmo, es decir, que el tiempo de cálculo del algoritmo crece con menor rapidez que el cuadrado del número de elementos para

55

tratamiento. El algoritmo de agrupación de trenes de impulsos necesita generalmente un tiempo de cálculo inferior a varios milisegundos o de decenas de milisegundos en un procesador actual.

**[0170]** Además, la distancia d que debe reducirse al mínimo es específica para cada una de las leyes de agrupación y de asociación de manera que se tienen en cuenta las características estructurales de cada uno de los

60

tipos de grupo en particular.

**[0171]** La etapa de clasificación 140 clasifica y después trata los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  en función de la

forma de onda a la que pertenecen los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$ . Las bases de datos de formas de ondas se aprovechan así de manera que implementan un tratamiento adaptado a los diferentes tipos de formas de ondas. Por ejemplo, la etapa de asociación por superposición 180 es específica de las formas de ondas de frecuencia portadora fija, que tienen tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  que se superponen en el tiempo, especialmente formas de ondas FMICW. En ausencia de la etapa de asociación por superposición 180, dichas formas de ondas no se habrían agrupado de manera óptima durante la etapa de asociación por conmutación 190.

**[0172]** Además, la etapa 120 de rechazo de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  incoherentes en intervalo de repetición de impulsos PRI y opcionalmente en frecuencia portadora de los impulsos permite efectuar una primera clasificación de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  no viables. Así, se eliminan los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  incoherentes.

**[0173]** Asimismo, la etapa 130 de rechazo de los trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  que no pertenecen a formas de ondas predefinida permite aumentar la precisión de la agrupación de trenes de impulsos  $T_1, \dots, T_n$  durante la etapa de agrupación 150 y la precisión de la asociación de los tramos de impulsos  $P_1, \dots, P_p$  durante las etapas de asociación 180 y 190.

**[0174]** Además, los huecos también se tienen en cuenta ya que las leyes de agrupación y de asociación del procedimiento incluyen la hipótesis de intervalo de repetición de impulsos PRI doble o incluso triple.

**[0175]** Así, el procedimiento de desentrelazado es innovador por su mejor control de los datos de entrada, por su jerarquización de las etapas del procedimiento de desentrelazado que permite una clasificación de los datos más rápida y más próxima a la realidad y por el uso de reglas de agrupación que se apoyan en bases de datos de formas de ondas reales.

**[0176]** El procedimiento de desentrelazado permite la agrupación de trenes de impulsos con una mejor fiabilidad que en el estado de la técnica, sin degradar además los rendimientos de velocidad de los algoritmos implementados.

**[0177]** Además, los algoritmos de las leyes de agrupación y de asociación son adaptables, en la medida en que cada uno de los criterios del conjunto de criterios C y cada una de las pruebas de comparación de estos criterios pueden modificarse sin necesidad de modificar la integridad de los algoritmos. Asimismo, la distancia d puede también modificarse localmente para cada uno de estos algoritmos. Así, el procedimiento según la invención es totalmente adecuado para seguir la evolución en el tiempo de los emisores de radar.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de desentrelazado de señales de radar, comprendiendo el procedimiento:
- 5 - la recepción (100) de señales electromagnéticas por un receptor (12) y la extracción de los impulsos ( $I_1, \dots, I_m$ ) de las señales recibidas,  
 - la formación (110) de trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) que agrupan al menos tres impulsos separados por un mismo intervalo de repetición de impulsos (PRI), estando cada tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) definido por el intervalo de repetición de impulsos (PRI), **caracterizado porque** el procedimiento incluye además:
- 10 - la agrupación (150) de los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) que tienen un mismo intervalo de repeticiones de impulsos (PRI) según una ley de agrupación predefinida para formar tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ), y  
 - la asociación (180, 190) de los tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) según al menos una ley de asociación predefinida para obtener señales de radar desentrelazadas formadas por la concatenación de los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) de los tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) asociados, comprendiendo la etapa de asociación (180, 190) al menos una
- 15 fase de agrupación elegida entre:
- una fase (190) de agrupación de tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) de intervalos de repetición de impulsos (PRI) diferentes y que se encadenan en el tiempo para obtener grupos de tramos de impulsos ( $G_1, \dots, G_g$ ) por conmutación, y
  - 20 · una fase (180) de agrupación de tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) de frecuencia portadora fija, que tienen intervalos de repeticiones de impulsos (PRI) idénticos y que se superponen en el tiempo para obtener grupos de tramos de impulsos ( $G_1, \dots, G_g$ ) por superposición.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) está definido
- 25 también por al menos un elemento elegido en un grupo constituido por: el tiempo de llegada (TOA) del primer impulso ( $I_1$ ) del tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ), el tiempo de llegada (TOA) del último impulso ( $I_m$ ) del tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ), la frecuencia de los impulsos ( $I_1, \dots, I_m$ ) del tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ), la duración de los impulsos ( $I_1, \dots, I_m$ ) del tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) y la dirección de llegada de los impulsos ( $I_1, \dots, I_m$ ) del tren de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ).
- 30
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que el procedimiento incluye antes de la etapa de agrupación (150), una etapa de clasificación (140) de los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) según su frecuencia portadora para obtener dos clases ( $C_1, C_2$ ) de trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ): una clase ( $C_1$ ) que agrupa los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) de frecuencia portadora fija y otra clase ( $C_2$ ) que agrupa los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) de
- 35 frecuencia portadora variable, de manera que la etapa de agrupación (150) se implementa para cada una de las dos clases ( $C_1, C_2$ ) de trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) y permite obtener tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) monofrecuencia a partir de la clase ( $C_1$ ) de los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) monofrecuencia y tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) con agilidad de frecuencia a partir de la clase ( $C_2$ ) de los trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) con agilidad de frecuencia.
- 40
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada una de las leyes de agrupación y de asociación es implementada por al menos un algoritmo que permite obtener grupos a partir de elementos, designando los elementos trenes de impulsos ( $T_1, \dots, T_n$ ) durante la etapa de agrupación y tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) durante la etapa de asociación, designando los grupos tramos de impulsos ( $P_1, \dots, P_p$ ) durante la etapa de agrupación y grupos de impulsos ( $G_1, \dots, G_g$ ) durante la etapa de asociación, comprendiendo el
- 45 algoritmo:
- la elección (150A) de un elemento de referencia ( $e_{ref}$ ) entre un conjunto de elementos (E),
  - la supresión (150B) del elemento de referencia ( $e_{ref}$ ) del conjunto de elementos (E) y la adición, en un conjunto de grupos ( $E_g$ ), de un grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) que incluye el elemento de referencia ( $e_{ref}$ ),
  - 50 · la selección (150C) en el conjunto de elementos (E), de elementos compatibles con el grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) según un conjunto de criterios (C) para obtener un conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ),
  - la evaluación (150D) de la distancia entre el grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) y cada elemento del conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ),
  - la anexión (150E) del elemento del conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ) reduciendo al mínimo una distancia (d) al grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) y la supresión del elemento anexionado del conjunto de elementos (E),
  - 55 · la repetición de las fases de selección (150C), de evaluación (150D) y de anexión (150E) siempre que el conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ) incluya elementos, y
  - la repetición del conjunto de las fases precedentes (150A, 150B, 150C, 150D, 150E) siempre que el conjunto de elementos (E) incluya elementos.
- 60
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que el elemento de referencia ( $e_{ref}$ ) es el elemento del conjunto de elementos (E) para el cual el tiempo de llegada (TOA) del primer impulso ( $I_1$ ) es el menor.
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, en el que el conjunto de criterios (C) evalúa la
- 65 compatibilidad de los elementos del conjunto de elementos (E) con el grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) en función de una o

varias características, eligiéndose las características en un grupo que incluye: la dirección de llegada (DOA) de los elementos, la superposición temporal de los elementos, la frecuencia portadora (f) de los elementos, la amplitud de impulso (LI) de los elementos, el intervalo de repetición de impulsos (PRI) de los elementos, la fase ( $\phi$ ) de los elementos y el número de impulsos de los elementos.

5

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que los criterios (C) se eligen de acuerdo con estadísticas sobre las características de las formas de ondas de radar de una base de datos.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que para la ley de agrupación, la distancia (d) es la desviación en el tiempo que separa el último impulso ( $I_n$ ) del grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) del primer impulso ( $I_1$ ) del elemento candidato del conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ), y en el que para la ley de asociación, la distancia (d) es una tasa de superposición entre el grupo de referencia ( $g_{ref}$ ) y el elemento candidato del conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ) o una puntuación que permite seleccionar entre el conjunto de elementos candidatos ( $E_c$ ) que comparten el elemento el mayor número de características en común con el grupo de referencia ( $g_{ref}$ ).

10

15

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el procedimiento incluye antes de la etapa de agrupación (150), una etapa de rechazo (120) de los trenes de impulsos incoherentes en términos de intervalo de repetición de impulsos (PRI).

20

10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la etapa de rechazo (120) comprende la eliminación de los trenes de impulsos incoherentes en términos de frecuencia portadora de los impulsos.

11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el procedimiento incluye antes de la etapa de agrupación (150), una etapa de rechazo (130) de los trenes de impulsos cuyo intervalo de repetición de impulsos (PRI) es superior a un umbral de intervalo de repetición de impulsos ( $S_{PRI}$ ) y cuyo número de impulsos ( $I_1, \dots, I_m$ ) es inferior a un umbral de número de impulsos ( $S_{impulso}$ ).

25

12. Dispositivo de desentrelazado de señales de radar que incluye:

30

- un receptor (12) capaz de recibir señales electromagnéticas,

- una unidad de tratamiento digital de la señal (23) capaz de extraer los impulsos ( $I_1, \dots, I_m$ ) de las señales recibidas por el receptor (12), y

- un soporte legible de informaciones (26), en el que se almacena un programa de ordenador que incluye instrucciones de programa, pudiendo cargarse el programa de ordenador en una unidad de tratamiento de datos (24)

35

y adaptado para activar la implementación de un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes cuando el programa de ordenador se implementa en la unidad de tratamiento de datos (24).

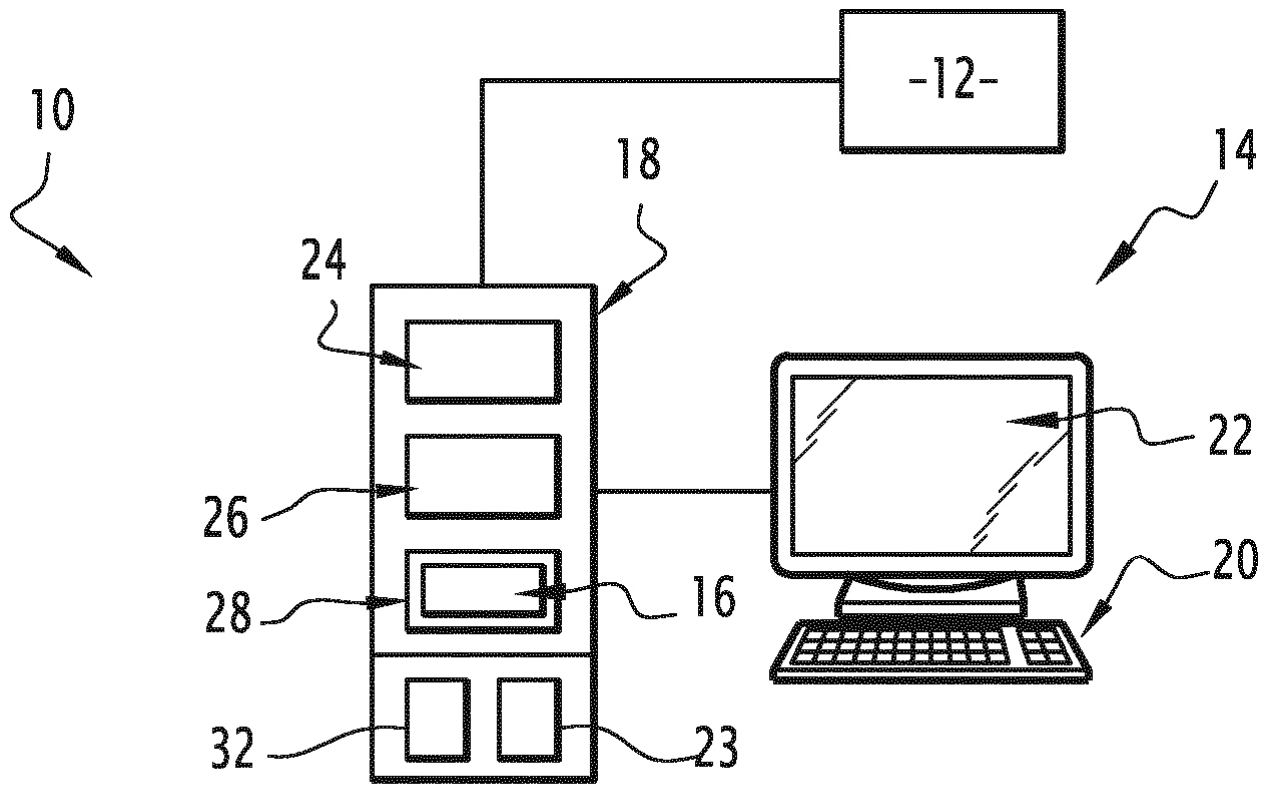
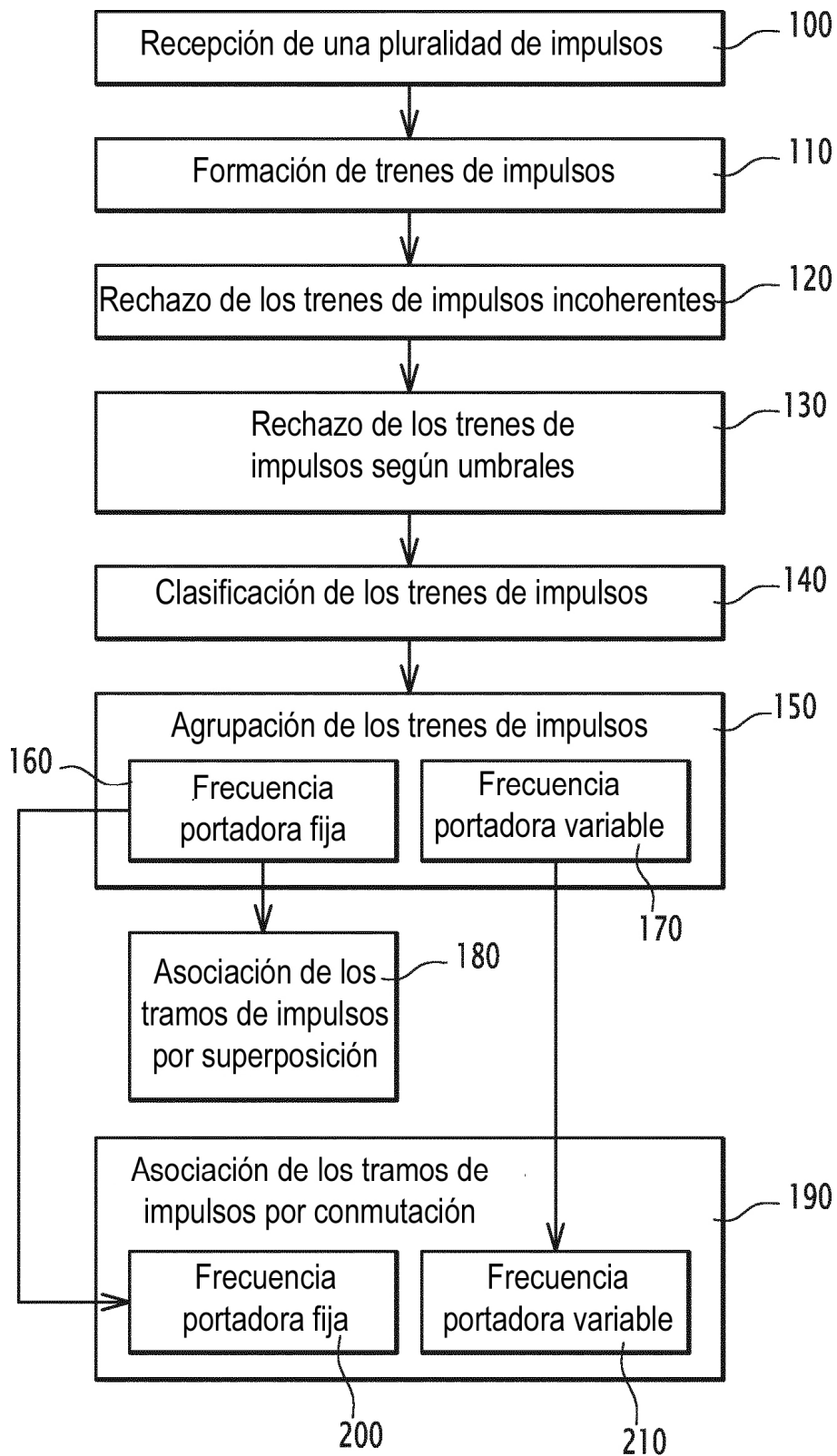
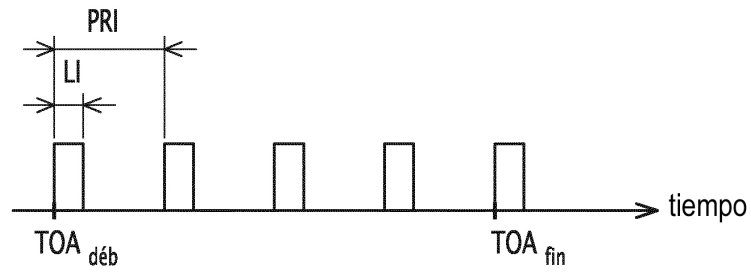
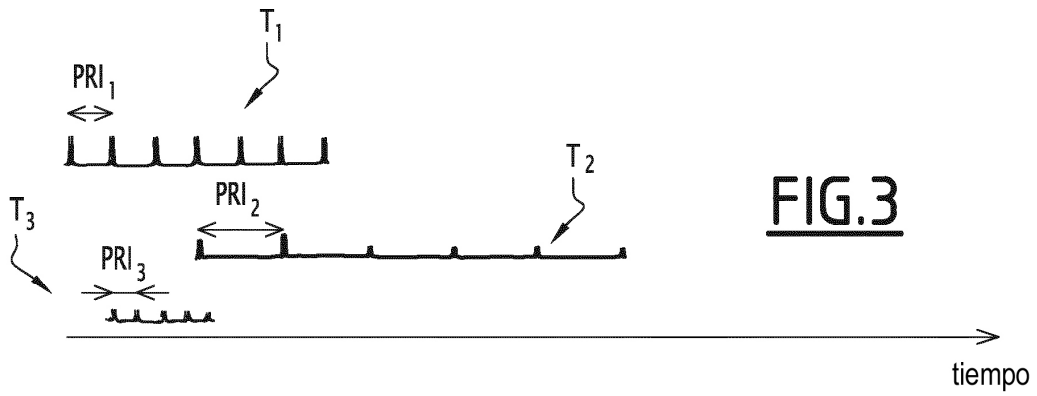


FIG.1

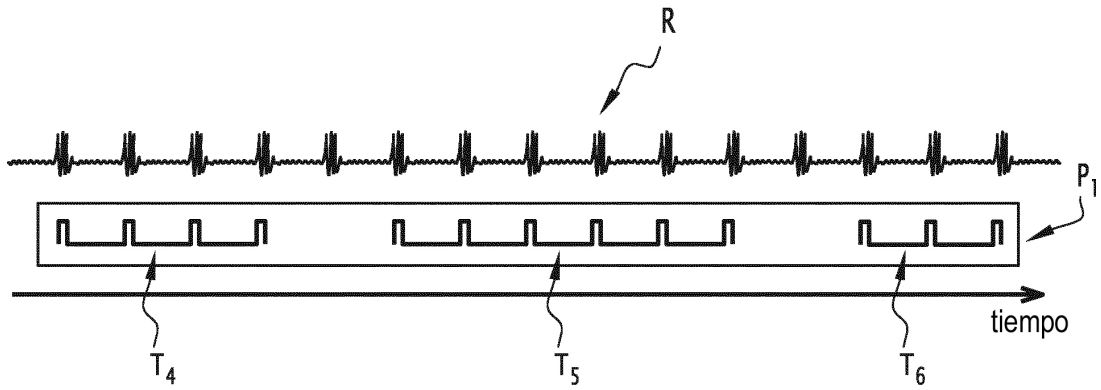


**FIG.2**

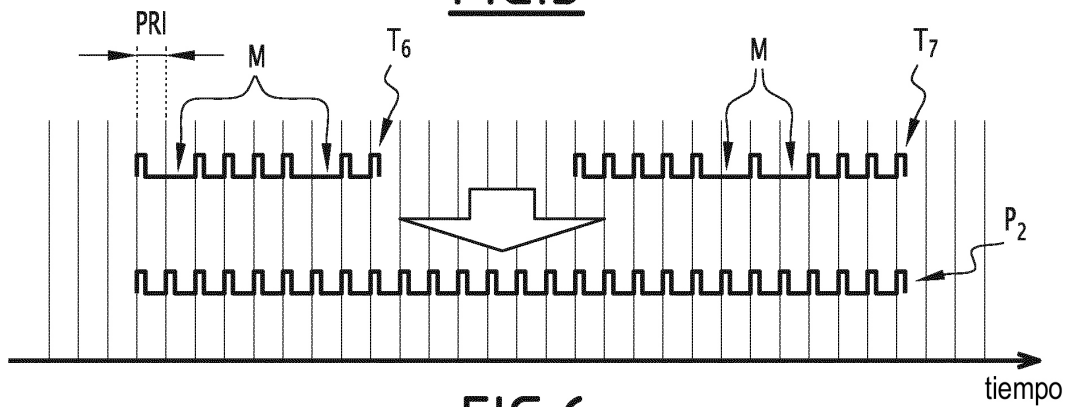




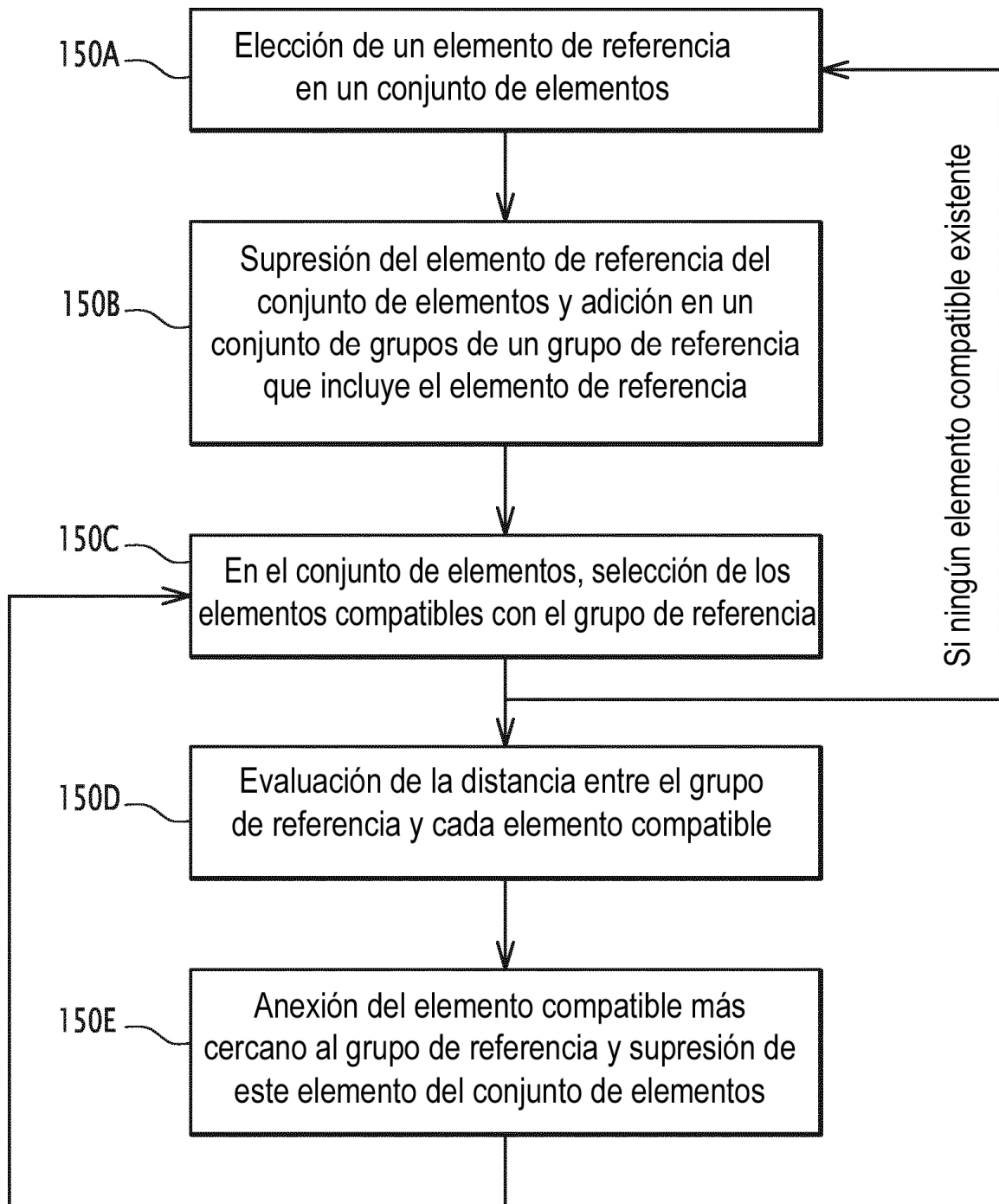
**FIG. 4**



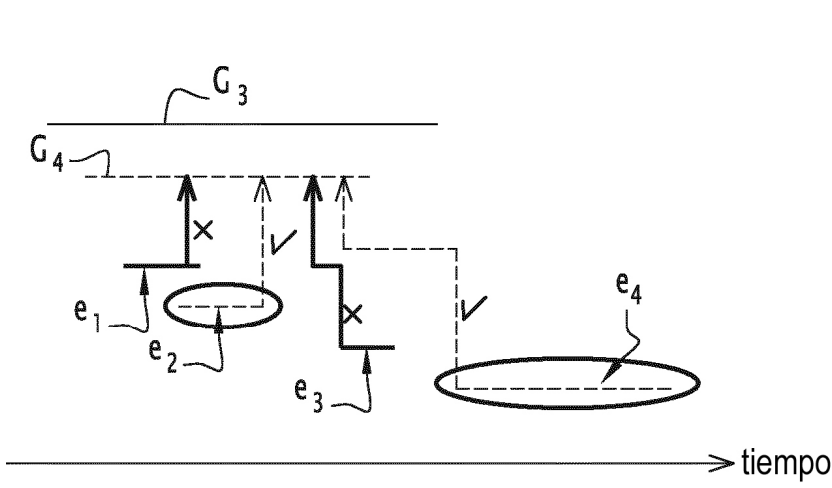
**FIG. 5**



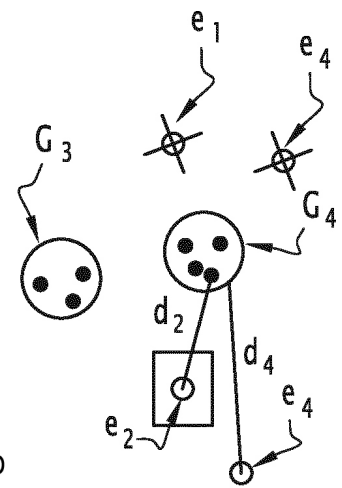
**FIG. 6**



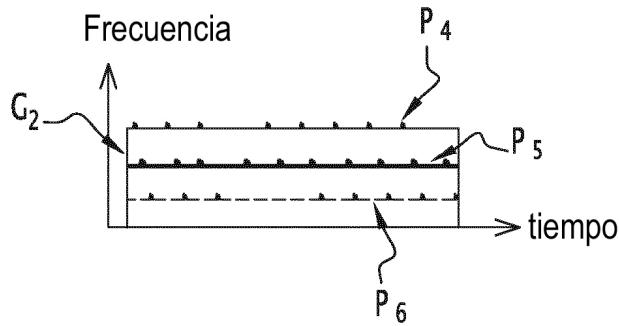
**FIG.7**



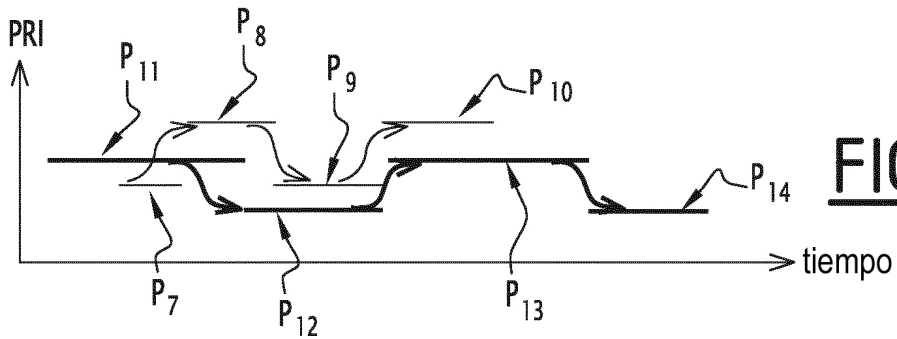
**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG. 11**



**FIG. 12**

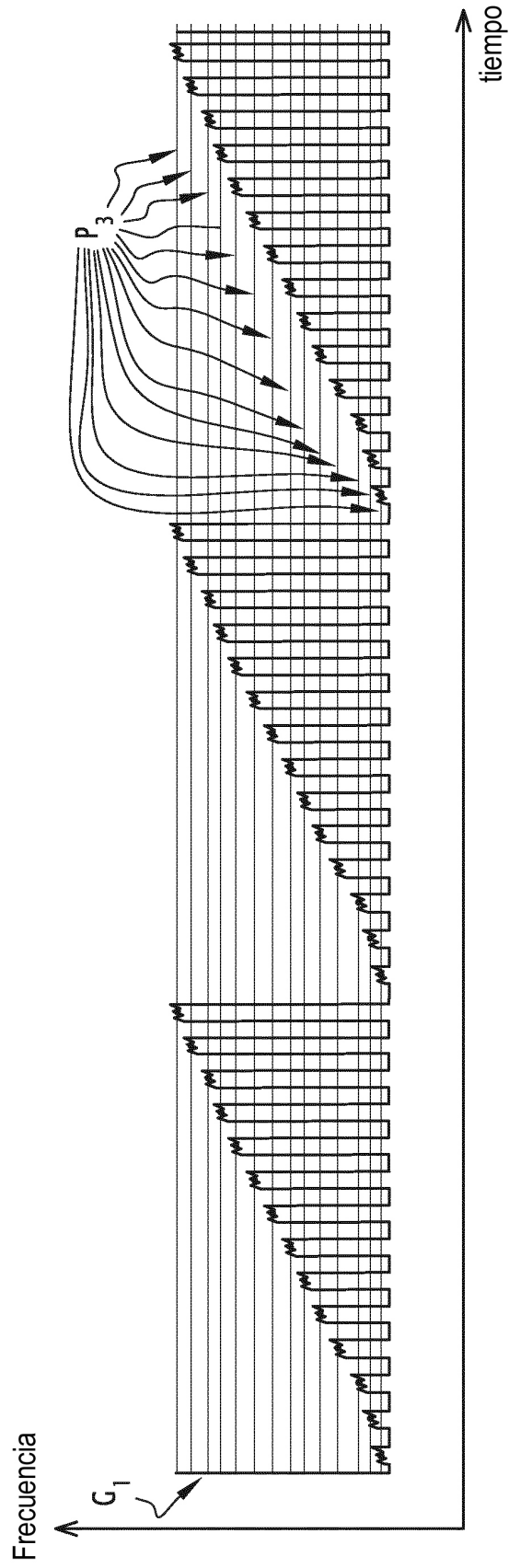


FIG.10

**FIG.13**

