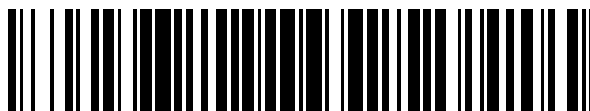


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 954**

51 Int. Cl.:

G01S 13/24 (2006.01)

G01S 13/42 (2006.01)

G01S 7/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2009 E 09175493 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 2199824**

54 Título: **Procedimiento de gestión de frecuencias y de apuntamientos emitidos por un radar con antena dispersiva**

30 Prioridad:

19.12.2008 FR 0807213

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

04.04.2013

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, RUE DE VILLIERS
92200 NEUILLY SUR SEINE, FR**

72 Inventor/es:

**BARBARESCO, FRÉDÉRIC y
DELTOUR, JEAN-CLAUDE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 399 954 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 gestión de frecuencias y de apuntamientos emitidos por un radar con antena dispersiva

5 La presente invención se refiere al campo general de los sistemas de gestión de los radares multifuncionales de barrido electrónico. Esta se refiere a los procedimientos de gestión de los recursos en tiempo de radar, es decir los procedimientos que permiten gestionar de manera óptima la sucesión de los apuntamientos realizados. Por apuntamiento se entiende la utilización, para la puesta en marcha de una misma función, de las señales que se obtienen mediante la emisión de una forma de onda dada en una dirección del espacio dada por el diagrama de la antena. La invención se aplica, en particular, a la gestión de los apuntamientos mediante un radar de vigilancia con antena de ranura dispersiva.

10 El fenómeno de apertura dispersiva es un fenómeno que afecta a algunos radares (radares con antena de ranuras). Se traduce en particular de manera conocida en una desalineación determinista del haz de antena en función de la frecuencia. Estos radares son, por lo general, radares de vigilancia, monofunción, cuyo coste de realización es relativamente bajo.

15 Para este tipo de radares, este fenómeno, que afecta a la dirección de apuntamiento del haz, se considera por lo general como un inconveniente que tiene que corregirse en tiempo real. Para ello, por ejemplo, el desvío en acimut ocasionado tradicionalmente se tiene en cuenta en la gestión de los apuntamientos de tal modo que, teniendo en cuenta este desvío, se emite la forma de onda deseada en la dirección deseada.

20 En el caso de un radar de vigilancia clásico y en particular en el caso de un radar de vigilancia con antena dispersiva, la simplicidad de la operación realizada pasa por una definición fija y determinista del encadenamiento de los apuntamientos y de las frecuencias durante el barrido del espacio por la antena. Este encadenamiento está preestablecido de antemano para diferentes mapas de frecuencias (frecuencias autorizadas y/o no perturbadas). Por lo general está memorizado en una tabla que se lee de manera periódica con una periodicidad constante la cual corresponde a la velocidad de giro teórica de la antena. De este modo, para una dirección apuntada dada, considerándose que la antena tiene una velocidad de giro determinada y constante, la forma de onda empleada se conoce de forma determinista de un giro a otro.

25 En este tipo de radar, la adecuada gestión de los apuntamientos depende, por lo tanto, de manera general de la precisión y de la estabilidad de la velocidad de giro de la antena. De este modo, si la velocidad real de giro de la antena no es igual a la velocidad teórica, la posición de la antena en un instante dado es diferente de la requerida. Además, la existencia de una fluctuación de la velocidad de giro sobre el giro de antena se traduce en una fluctuación no controlada del valor de la diferencia en acimut entre haces adyacentes, fluctuación que no pueden regular los medios encargados de la gestión de los recursos de tiempo de radar.

30 En lo que se refiere a los radares de vigilancia con antenas dispersivas, sin embargo es habitual utilizar la variación de la dirección de apuntamiento del lóbulo de antena ocasionada por una variación de la frecuencia de emisión, de tal modo que se dote al radar considerado de unas capacidades de desalineación que permiten realizar emisiones y escuchas de radar en unas direcciones que presentan un ángulo dado con respecto al eje de la antena. El documento de patente de EE.UU. concedido a la empresa COM DEV Ltd., con el número 4 868 574, describe en particular un radar con antena dispersiva que comprende unos medios de emisión y de recepción que le permiten utilizar esta particularidad para realizar un apuntamiento del haz de antena en unas direcciones variables en función de la frecuencia empleada.

35 Sin embargo, cuando se desea disponer de un radar capaz de encadenar unos apuntamientos, ya no de manera predeterminada, sino de manera dinámica, es habitual utilizar un radar multifuncional de tipo radar de barrido electrónico, con antena giratoria, equipado con unos medios que permiten una gestión de los apuntamientos realizados en el haz de antena para cada acimut y para cada giro de antena. Dicha gestión se describe en particular en la solicitud de patente europea presentada por la solicitante y publicada con la referencia EP 0645839. Sin embargo, esta está especialmente adaptada para el funcionamiento de ese tipo de radares y no se puede utilizar directamente para gestionar el funcionamiento de un radar de vigilancia, con antena dispersiva, de diseño más simple y que no dispone, en particular, de la capacidad de desalineación propiamente dicha del haz de antena.

40 Un objetivo de la invención es sacar partido del fenómeno de dispersividad para ampliar las capacidades operativas de un radar de vigilancia con antena dispersiva haciendo que pueda funcionar en cierta medida a la manera de un radar multifuncional garantizando al mismo tiempo la diversidad de las frecuencias empleadas (la equiprobabilidad y la no-predictibilidad de las frecuencias empleadas de acuerdo con los mapas de frecuencias autorizados), la regulación de la carga (en lo que se refiere a la distribución del tiempo de radar actual y la variación de velocidad de la antena) y la robustez del radar a la interferencia (robustez frente a la escucha instantánea de las frecuencias perturbadas y de los datos que se conservan con cada giro en los mapas de frecuencias perturbadas). Otro objetivo de la invención, relativo a la gestión de la distribución del tiempo de radar, es mantener la tasa de uso operativo del radar, regulando, y ya no padeciendo, las variaciones del desfase instantáneo entre los apuntamientos contiguos cuando el periodo de antena no se encuentra en su valor nominal (giro medio de la antena más lento o más rápido) y cuando la velocidad de giro de antena fluctúa mucho en el giro.

Para ello, la invención tiene por objeto un procedimiento para gestionar la emisión de los apuntamientos mediante un radar que comprende una antena dispersiva cuya velocidad puede variar a lo largo del tiempo, realizándose la gestión en función del ángulo de giro de la antena, aplicándose el procedimiento a unos apuntamientos candidatos, estando asociado en una tabla cada apuntamiento candidato a una o varias frecuencias candidatas, que se caracteriza porque comprende las siguientes etapas:

- una etapa de selección de los apuntamientos requeridos cuya dirección es visible en el instante considerado;
- una etapa de selección mediante las frecuencias autorizadas;
- una etapa de selección de las frecuencias elegibles menos perturbadas;
- una etapa de selección de las frecuencias elegibles menos utilizadas;
- una etapa de creación de nuevas peticiones de apuntamientos;

formando las etapas del procedimiento un ciclo que se repite secuencialmente, actualizándose en cada ciclo la tabla que asocia los apuntamientos candidatos y las frecuencias candidatas.

En un modo de aplicación preferente, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende, además, una etapa complementaria final para tratar el caso de los apuntamientos que ya no son visibles a finalizar la iteración actual debido a la dirección de la antena.

En un modo particular de aplicación, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende, además, una primera etapa intermedia que consiste en excluir de la selección los apuntamientos candidatos que, si no fueran finalmente seleccionadas en la iteración considerada, podrían inducir la pérdida de uno o de varios apuntamientos candidatos cuya duración de visibilidad es baja. Esta primera etapa intermedia está situada después de la primera etapa principal.

En un modo particular de aplicación, que se puede combinar con el anterior, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende, además, una segunda etapa intermedia para realizar la selección de los apuntamientos declarados como los más prioritarios. Esta segunda etapa intermedia está situada después de la segunda etapa principal.

En un modo preferente de aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención, la etapa de creación de nuevas peticiones de apuntamientos procede para cada apuntamiento candidato a la asociación de un intervalo de frecuencias comprendidas en un intervalo limitado por dos frecuencias f_{\min} y f_{\max} . La frecuencia f_{\max} es la frecuencia más alta del campo de frecuencias efectivamente asignadas al radar. La frecuencia f_{\min} es una frecuencia seleccionada de manera aleatoria de un campo de frecuencia que se extiende desde la frecuencia más baja del mapa de frecuencias autorizadas hasta una frecuencia $f_{\text{limite_tirage}}$ superior a F_{\min} e inferior a f_{\max} .

En este modo preferente de aplicación, la frecuencia f_{\min} se puede obtener mediante una extracción aleatoria que obedece a una ley de probabilidad de densidad decreciente cuando la frecuencia aumenta.

En este modo preferente de aplicación, la frecuencia $f_{\text{limite_tirage}}$ se puede determinar de tal modo que determine con f_{\max} un intervalo de frecuencias que contiene un bajo número n de frecuencias autorizadas delante del número de frecuencias autorizadas.

En un modo preferente de aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención, la etapa de creación de nuevas peticiones de apuntamientos tiene en cuenta, para la determinación de los nuevos apuntamientos candidatos, una primera ventana angular contigua al campo de visibilidad para la determinación de los nuevos apuntamientos de vigilancia y una segunda ventana angular contigua a la primera ventana para la determinación de los otros nuevos apuntamientos. Las ventanas angulares se determinan de tal modo que se tenga en cuenta el periodo de giro de antena y la duración media de los apuntamientos.

En este modo preferente de aplicación, la primera ventana angular está determinada de tal modo que se corresponda con el ángulo de giro de la antena en una duración equivalente a la duración máxima de un medio apuntamiento, a la cual se añade el retardo máximo que puede existir entre el momento en el que se ha seleccionado un apuntamiento y el momento en el que esta se ha emitido efectivamente. El tamaño de la segunda ventana angular está, por su parte, definido como proporcional al valor de la extensión acimutal $DAZ_{\text{AdaptationCharge}}$ que corresponde a un múltiplo de la extensión acimutal correspondiente al campo de visibilidad parcial, siendo $DAZ_{\text{AdaptationCharge}}$ en todos los casos inferior al campo de visibilidad completo.

En un modo preferente de aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención, la etapa de selección de las frecuencias elegibles menos perturbadas tiene en cuenta los datos relativos a las frecuencias menos perturbadas para la selección de los apuntamientos de dos formas posibles, bien localmente mediante la escucha instantánea de las frecuencias perturbadas, o bien globalmente mediante la utilización de los mapas de frecuencias perturbadas disponibles.

De manera ventajosa, el procedimiento de acuerdo con la invención permite planificar en una antena dispersiva unos apuntamientos de banda ancha denominados de "Reconocimiento de blancos no cooperativos" mediante la secuenciación optimizada de una serie de apuntamientos sucesivos de banda estrecha. Cada apuntamiento de

banda estrecha se emplea de forma sucesiva en el tiempo en dirección al blanco, utilizando el giro de la antena para emplear, unas tras otras, las emisiones de banda estrecha.

5 También de manera ventajosa, el procedimiento de acuerdo con la invención permite la inserción de apuntamientos dirigidos, apuntamientos de seguimiento por ejemplo, en la secuenciación general de los apuntamientos, y esto de forma similar a un radar multifuncional con barrido electrónico de dos mapas.

Las características y ventajas de la invención se apreciarán mejor por medio de la siguiente descripción, descripción que expone la invención a través de un modo particular de realización considerado como un ejemplo no excluyente y que se apoya en las figuras que se adjuntan, figuras que representan:

- 10 - las figuras 1 y 2, ilustraciones del problema planteado en la gestión de los apuntamientos por la presencia de fluctuaciones temporales no controladas de la velocidad de giro de antena;
- la figura 3, una ilustración de los parámetros que describen el fenómeno de dispersividad;
- la figura 4, una ilustración del principio de funcionamiento del fenómeno de dispersividad mediante el procedimiento de acuerdo con la invención;
- 15 - la figura 5, un organigrama de principio de las diferentes etapas del procedimiento de planificación de los apuntamientos de acuerdo con la invención;
- la figura 6, ilustraciones de diferentes ejemplos de distribución de los mapas de frecuencias de funcionamiento de un radar, así como de los parámetros de gestión de las frecuencias asociadas a un apuntamiento;
- 20 - la figura 7, una ilustración de la manera en la que el límite inferior de la ventana de las frecuencias de funcionamiento cuyo uso está autorizado, atribuida a cada apuntamiento, se escoge de manera aleatoria;
- la figura 8, una ilustración del principio de selección de los apuntamientos a partir de su campo de visibilidad gestionado y la posición actual de la antena en acimut;
- la figura 9, una ilustración del método para limitar el número de los apuntamientos susceptibles de no ejecutarse debido a la expiración de los intervalos de tiempo durante los cuales son ejecutables;
- 25 - la figura 10, la ilustración de la forma en que la tercera etapa del procedimiento de acuerdo con la invención tiene en cuenta el carácter discreto de las frecuencias de funcionamiento y lleva a cabo la selección de las frecuencias discretas candidatas compatibles de la frecuencia teórica que corresponde a la dirección del apuntamiento considerado;
- la figura 11, las ilustraciones de los diferentes principios de selección de una frecuencia que se pueden aplicar mediante la sexta etapa del procedimiento de acuerdo con la invención, cuando varias frecuencias aun son candidatas en esta fase;
- 30 - la figura 12, la ilustración del principio de reactualización de la tabla de los apuntamientos candidatos que se aplica durante la séptima etapa del procedimiento de acuerdo con la invención;
- la figura 13, la ilustración del principio de la gestión de los tiempos muertos (instante para el cual no se emplea ningún apuntamiento o no se puede emplear) mediante la inserción de apuntamientos técnicos de duración determinada;
- 35 - la figura 14, una ilustración de los efectos provocados por una velocidad de giro de antena diferente del valor nominal esperado y mediante las fluctuaciones de esta velocidad de giro.

40 Las figuras 1 y 2 ilustran de manera esquemática el efecto de las variaciones de la velocidad de giro de antena sobre la calidad de la cobertura realizada por un radar de vigilancia cuyo sistema de gestión de los apuntamientos no tiene en cuenta estas variaciones.

La figura 1 corresponde al caso teórico en el que la antena del radar gira a una velocidad ω_0 constante conocida de manera precisa. En estas circunstancias, se puede controlar de forma determinista el instante t en el que el lóbulo de la antena se dirige en una dirección θ dada. En consecuencia, se puede aplicar un modo de funcionamiento de 45 vigilancia en el cual el espacio se explora de forma regular, estando las direcciones apuntadas, que se materializan en las flechas 11 de la figura 1, espaciadas y determinadas con precisión.

La figura 2, por su parte, presenta el caso de una antena, para la cual la velocidad de giro no está perfectamente regulada. En este caso, en determinadas condiciones atmosféricas (vientos racheados) la velocidad de giro nominal ω_1 de la antena no es estrictamente igual a la velocidad de giro teórica ω_0 . Además, la velocidad de giro ω_1 no es 50 constante a lo largo del tiempo de tal modo que la velocidad de giro de la antena real se puede escribir:

$$\omega_1 = \omega_0 + \Delta\omega + \delta\omega(t) \quad [1]$$

en la que $\Delta\omega$ representa una desviación constante con respecto a la velocidad de giro teórica ω_0 y en la que $\delta\omega(t)$ representa un término de fluctuación en torno a la velocidad desviada que varía en función del tiempo, es decir en función de la dirección hacia la cual el lóbulo de la antena está orientado.

55 Como resultado de esta variación no controlada de la velocidad de giro, se puede asistir a una distribución irregular de los apuntamientos realizados, no controlado por la gestión de los haces, materializados en las flechas 21 de la figura 2, aunque los apuntamientos se controlen, como en el caso de la figura 1, de manera regular a lo largo del

tiempo. La consecuencia de esta variación de la velocidad de giro de la antena es, en particular, que la distancia angular entre apuntamientos no está regulada. De este modo, debido a una secuenciación rígida inicialmente definida para una velocidad de giro constante, se pueden utilizar, por ejemplo, frecuencias no autorizadas en una dirección dada. Esta distribución irregular de los apuntamientos realizados puede ocasionar sobrecargas locales de la secuenciación de los apuntamientos de radar que hay que ejecutar, sobrecargas que los radares clásicos, del tipo con antena dispersiva, no pueden absorber.

La variación de la velocidad de giro de antena, que se traduce en una desviación de esta velocidad y en una fluctuación en torno a esta desviación, tiene como consecuencia que, tal y como se ilustra en la figura 14 los apuntamientos 141 están más o menos separados angularmente.

La ilustración 14-a corresponde a una velocidad nominal con una distancia entre apuntamientos que corresponde exactamente al valor de atenuación a 3 dB de los haces correspondientes (las curvas que representan la anchura del haz a -3 dB son entonces tangentes al punto de unión).

La ilustración 14-b corresponde, por su parte, a una velocidad más baja para la cual los haces de apuntamientos consecutivos 142 y 143 se juntan sistemáticamente y se superponen en las zonas correspondientes a las anchuras de los lóbulos en 3 dB.

La ilustración 14-c corresponde, por su parte, a una velocidad más elevada para la cual los haces de apuntamientos consecutivos 144 y 145 se separan sistemáticamente.

Por último, la ilustración 14-d corresponde a una situación de fluctuación de la velocidad en torno a una velocidad nominal, situación para la cual la distancia entre los haces de apuntamientos consecutivos, 146 y 147, o 148 y 149, evoluciona de apuntamiento en apuntamiento.

En consecuencia, si se desea controlar o al menos regular las posiciones de las direcciones realmente apuntadas de forma instantánea, teniendo en cuenta las frecuencias autorizadas, es necesario instalar unos medios que permitan compensar lo mejor posible este fenómeno de fluctuación de la velocidad de giro de la antena. El procedimiento de acuerdo con la invención constituye de manera ventajosa dicho medio.

Tal y como se dicho con anterioridad, el principio de funcionamiento del procedimiento de acuerdo con la invención se basa en la utilización del fenómeno de dispersividad en acimut ocasionado en el diagrama de emisión (y de recepción) de una antena, del tipo antena de ranuras por ejemplo, mediante la variación de frecuencia del radar equipado con una antena de este tipo. La figura 3 ilustra este fenómeno que se traduce en el hecho de que, en función de la frecuencia de emisión, el diagrama de radiación de esta antena, representado por las flechas en líneas discontinuas 32 en la figura, presenta un desfase angular 33 con respecto a la dirección de antena 31, desfase cuyo valor está en función de la frecuencia de emisión. Por dirección de antena se entiende en este documento el eje perpendicular al plano de la antena.

Este desfase angular está comprendido en un sector 34 definido por el intervalo de las frecuencias de funcionamiento del radar. El sector 34 depende de la banda de frecuencias Δf que utiliza el radar y depende de las frecuencias mínima y máxima que se pueden utilizar en la banda Δf . En el ejemplo de la figura 3, el sector 34 se presenta como estando adelantado con respecto al eje de la antena 31. Sin embargo, el sector 34 se puede encontrar retrasado con respecto al eje de la antena 31. También se puede encontrar situado a ambos lados del eje de la antena 31 y en este caso, para una antena de ranuras, algunas limitaciones físicas hacen que el sector 34 esté definido en dos sub-sectores, derecho e izquierdo, separados por un sector intermedio no autorizado.

A la inversa, tomando como referencia angular una dirección apuntada, se constata, tal y como se ilustra en la figura 4, que para una dirección θ dada 41 y una banda de frecuencias de emisión Δf dada, se puede definir un sector angular 43, con una anchura $\Delta\theta = [\theta - \theta_{\min} \theta - \theta_{\max}]$ tal que, teniendo en cuenta el giro ω de la antena, siempre es posible actuando sobre la frecuencia de emisión desviar el haz de la antena en la dirección θ mientras la dirección de la antena 42 barre este sector. En consecuencia, se constata que para una dirección θ dada 41, se puede ejecutar un apuntamiento en esta dirección, aprovechando la desviación causada por la presencia de dispersividad, desde el momento en que y siempre que la dirección de la antena 42 esté presente durante el giro de antena en el intervalo angular $\Delta\theta = [\theta - \theta_{\min} \theta - \theta_{\max}]$. El procedimiento de acuerdo con la invención pone en práctica este principio para hacer que un radar monofunción sea capaz de funcionar, en cierta medida, como un radar multifuncional. Las limitaciones de esta capacidad están en particular ligadas a las desviaciones máxima y mínima que se pueden realizar utilizando la dispersividad y a las frecuencias de funcionamiento mínima y máxima que se pueden utilizar. El procedimiento de acuerdo con la invención también pone en práctica este principio para compensar al menos en parte las variaciones de la velocidad de giro de antena.

Con este objetivo, su función principal es secuenciar temporalmente el orden en el cual se pueden aplicar diferentes formas de ondas, durante el giro de la antena, debiendo aplicarse cada forma de onda para una dirección de apuntamiento dado y en un lapso de tiempo dado, sabiendo que es posible un número consecuente de ordenación de los apuntamientos debido a que la elección en un instante dado de una frecuencia de funcionamiento dada permite ejecutar un apuntamiento más que otro. Para ello, la ordenación se realiza teniendo en cuenta, entre otras cosas, la duración máxima durante la cual el haz de la antena puede estar apuntado en una dirección dada teniendo

en cuenta la velocidad de giro instantánea de la antena y el valor del sector angular $\Delta\theta$, sabiendo que hay que realizar otros apuntamientos en ese mismo intervalo de tiempo.

De manera general, la forma de onda que hay que aplicar en una dirección del espacio cubierta por el radar está determinada por la función (función de vigilancia u otras funciones dirigidas, como por ejemplo una función de seguimiento) que debe llevar a cabo el radar en esta dirección. Se habla, de manera conocida, de apuntamiento, un apuntamiento que corresponde al empleo de una forma de onda dada para iluminar de una forma específica para la función ligada al apuntamiento en una dirección dada. Hay que señalar que, en lo que se refiere a la función de apuntamiento dirigido (por ejemplo un apuntamiento de seguimiento), esta la gestiona por lo general el órgano de gestión global del radar y se traduce al nivel del procedimiento de acuerdo con la invención en que tiene en cuenta las peticiones de apuntamientos que definen las características de los apuntamientos de seguimiento que hay que realizar durante el giro de la antena (dirección, forma de onda con duración adaptada asociada y grado de prioridad del apuntamiento considerado). Por el contrario, en lo que se refiere a la función de vigilancia, esta la gestiona directamente el procedimiento de acuerdo con la invención, en la medida en que la forma de onda aplicada está determinada de manera general y en que las direcciones apuntadas vienen determinadas por las duraciones de los apuntamientos, la velocidad de giro instantáneo estimada de la antena y por la carga de radar considerada localmente. Por carga de radar se entiende en este documento el número de apuntamiento que hay que ejecutar en un intervalo de tiempo dado.

En consecuencia, la función principal del procedimiento de acuerdo con la invención consiste en determinar, en un instante dado t , entre el conjunto de los apuntamientos requeridos aquel que se debe realizar en un instante dado t' , situado en un futuro próximo, teniendo en cuenta la posición prevista de la antena en este instante t' futuro. El instante t' futuro considerado es, por lo general, aquel que corresponde a la fecha de fin de ejecución del apuntamiento que se está realizando en el instante t considerado. Para poder llevar a cabo esta tarea, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende diferentes módulos de tratamiento que cooperan para tener en cuenta en tiempo real las siguientes limitaciones:

- la necesidad de tener en cuenta las frecuencias de emisión autorizadas y su distribución en la banda de frecuencias asignada al funcionamiento del radar (este conjunto de frecuencias autorizadas se compone de frecuencias discretas que pueden ser contiguas o separadas. En el caso de frecuencias contiguas, el conjunto puede estar definido por la totalidad del mapa de las M frecuencias disponibles o por una sub-banda de N frecuencias. En el caso de frecuencias separadas, las frecuencias autorizadas están definidas por un peine de P frecuencias no-adyacentes, que puede limitarse a una única frecuencia);
- la necesidad de tener en cuenta el hecho de que cada frecuencia autorizada se debe emplear de forma equiprobable (de media durante el giro y de un giro a otro) y no predecible (la elección de una frecuencia en un instante t no se puede predecir mediante el conocimiento de un horizonte finito de las frecuencias empleadas) de tal modo que se contrarresten de la mejor manera posible determinados tipos de interferencias;
- la necesidad de tener en cuenta el hecho de que la duración de la forma de onda emitida es variable de un apuntamiento a otro;
- la necesidad de tener en cuenta una jerarquía de la importancia de los apuntamientos solicitados, materializada en un nivel de prioridad asignado a cada apuntamiento;
- la necesidad de tener en cuenta posibles variaciones de la velocidad de giro de la antena que condicionan el intervalo de tiempo durante el cual se puede aplicar este apuntamiento;
- la necesidad de garantizar que no se ejecutará un número reducido de apuntamientos;
- la necesidad de tener en cuenta las frecuencias perturbadas de forma instantánea (gracias a un tiempo de escucha antes de la emisión de cada apuntamiento) haciendo que la antena realice las últimas etapas de selección del apuntamiento (envío de frecuencias/ apuntamientos candidatos y selección de la frecuencia de acuerdo con la "frecuencia menos perturbada" (FMB));
- la necesidad de tener en cuenta las frecuencias perturbadas de un giro a otro en función de los datos del mapa de las frecuencias perturbadas seleccionado y actualizado de un giro a otro y por sector;
- el deseo de minimizar los "tiempos muertos" (tiempo de no emisión de apuntamientos) mediante la utilización en estos casos de apuntamientos técnicos cuyo número depende de la distribución del tiempo de radar actual.

A continuación en este documento se describe de manera más detallada el principio de las diferentes funciones que se aplican para tener en cuenta las diferentes limitaciones en la planificación de los apuntamientos.

El procedimiento de acuerdo con la invención, llamado "gestión de los apuntamientos de radar" (GPR) encuentra su lugar en la cadena de control de los modos de funcionamiento de radar y se sitúa entre el módulo encargado de la "gestión de las tareas de radar" (GTR) y el módulo encargado de la "gestión de las ráfagas de impulsos de radar" (GRR).

El módulo de gestión de las tareas de radar (GTR) proporciona al procedimiento de acuerdo con la invención, en forma de peticiones de ejecución de tareas, datos relativos a las características de determinados apuntamientos o familias de apuntamientos de los que precisa su ejecución, principalmente apuntamientos de seguimiento así como determinados apuntamientos particulares de vigilancia (vigilancia definida por sector). Estas características son, en particular, la dirección del apuntamiento, el tipo de la forma de onda utilizada, el periodo de renovación de los apuntamientos (para los apuntamientos periódicos como "el seguimiento"), así como el grado de prioridad asociado a la ejecución del apuntamiento considerado.

- El procedimiento de acuerdo con la invención GPR tiene en cuenta estas peticiones y las incorpora en tiempo útil en una tabla que conserva periódicamente a lo largo del tiempo. Esta tabla, o tabla de los apuntamientos candidatos, contiene el conjunto de los datos relativos a los apuntamientos que se pueden aplicar durante un intervalo de tiempo dado, apuntamientos denominados en este documento "apuntamientos candidatos". El procedimiento GPR gestiona el orden de los apuntamientos inscritos en la tabla teniendo en cuenta la posición del eje de la antena, la velocidad instantánea de giro de antena y las frecuencias que se pueden utilizar (p. ej. las frecuencias autorizadas y no perturbadas) por cada apuntamiento y a continuación envía al módulo encargado de la gestión de las ráfagas de impulsos de radar (GRR) la lista correspondiente de las ráfagas que hay que emitir.
- Tal y como se ilustra en la figura 5, el procedimiento de acuerdo con la invención (GPR) es un procedimiento iterativo que consiste en ocho etapas sucesivas 51 a 58. Las dos etapas 52 y 54 son de carácter opcional mientras que las etapas 51, 53, 55 a 58 constituyen las etapas esenciales del procedimiento. La etapa 58 es, por su parte, una etapa final que se puede asociar al procedimiento y que tiene por objeto tratar el caso de los apuntamientos que al no haberlos seleccionado finalmente ya no serán visibles en la iteración siguiente, debido a la dirección nominal de la antena.
- El procedimiento de acuerdo con la invención elabora y mantiene la tabla 50 de los apuntamientos candidatos, estando inicialmente asociado cada apuntamiento candidato, en cada iteración, a una o varias frecuencias de emisión (pudiendo estar asociada una frecuencia de emisión a varios apuntamientos candidatos en esta etapa), a continuación analiza de manera regular los apuntamientos contenidos en la tabla de tal modo que se determine el orden en el cual se deben utilizar estos apuntamientos candidatos. Dicho de otro modo, tiene por objeto seleccionar en cada iteración uno de los apuntamientos candidatos contenidos en la tabla 50 y una de las frecuencias candidatas inicialmente asociadas a este apuntamiento. Este par (apuntamiento, frecuencia) es el primero cronológicamente que aplica el radar.
- Hay que señalar que no hay biyección, en la tabla, entre un apuntamiento y una frecuencia. Un apuntamiento candidato puede tener asociadas varias frecuencias y, a la inversa, una frecuencia candidata puede estar asociada a varios apuntamientos candidatos.
- De acuerdo con la invención, el conjunto de las frecuencias de emisión a cada apuntamiento se determina a partir de una extracción aleatoria realizada en el mapa de las frecuencias globalmente atribuido al radar para su funcionamiento. En el modo preferente de aplicación de la invención esta extracción aleatoria es una extracción particular, que tiene por objeto principalmente garantizar la diversidad de las frecuencias que el radar empleará finalmente, todos los apuntamientos juntos. De este modo, cada apuntamiento candidato está asociado, para una iteración dada, a un conjunto de frecuencias que es específico de este, pudiendo no obstante dos apuntamientos, fruto del azar, estar asociados a un mismo conjunto de frecuencias que representa un subconjunto del mapa de frecuencias atribuido al radar. Este subconjunto está de este modo definido por una frecuencia f_{\min} y una frecuencia f_{\max} .
- Para realizar la selección de un par (apuntamiento, frecuencia), cada una de las etapas 51 a 56 aplica un tratamiento específico a los apuntamientos candidatos memorizados en la tabla y a las frecuencias asociadas, permitiendo el tratamiento aplicado en cada etapa excluir de la selección final (fin de la iteración) bien varias apuntamientos (etapas 51, 52, 54 del procedimiento) o bien una o varias frecuencias del mapa de frecuencias asignado al radar (etapas 53, 55 y 56).
- El tratamiento aplicado en una etapa dada se aplica bien a los apuntamientos candidatos seleccionados, o bien a las frecuencias candidatas seleccionadas al final de las etapas anteriores.
- Los apuntamientos y las frecuencias no excluidos al final de una etapa dada se someten a la selección de la etapa siguiente, mientras que los apuntamientos excluidos se dejan de lado para el resto de la iteración de tal modo que se vuelvan a analizar eventualmente de nuevo durante la iteración siguiente.
- En consecuencia, el par (apuntamiento, frecuencia) finalmente seleccionado al final de la última etapa del procedimiento se transmite al módulo en la gestión de las ráfagas de impulsos de radar (GRR).
- A continuación en el documento se describe el conjunto de las ocho etapas que puede comprender el procedimiento de acuerdo con la invención sin olvidar que, al ser opcionales las etapas 52 y 54, el procedimiento de acuerdo con la invención puede comprender en una versión simplificada únicamente seis etapas.
- La primera etapa 51 consiste, tal y como ilustran las figuras 6 y 8, en determinar entre los apuntamientos candidatos contenidos en la tabla, los apuntamientos 81, 82, cuyo campo de visibilidad gestionado, que representa una fracción del campo de visibilidad asignado, no contiene la dirección de la antena en el instante considerado. Estos apuntamientos se excluyen en principio de la siguiente selección.
- De acuerdo con la invención, la tabla de los apuntamientos candidatos comprende, en efecto, para cada apuntamiento a la vez las características de forma de onda asociadas al apuntamiento, el nivel de prioridad del apuntamiento considerado frente a los otros apuntamientos de la tabla, la dirección requerida θ_0 del apuntamiento, la duración del apuntamiento y la fracción del campo de visibilidad asignado al apuntamiento. De acuerdo con la

invención, se define el campo de la visibilidad asignada a un apuntamiento como la apertura acimutal accesible mediante la desviación del haz de radar en el instante considerado, teniendo en cuenta las frecuencias de funcionamiento disponibles (utilizables) para realizar un apuntamiento en la dirección considerada. De manera similar, también se define el campo de visibilidad gestionado asociado a un apuntamiento como la apertura acimutal accesible mediante la desviación del haz de radar en el instante considerado, teniendo en cuenta las frecuencias de funcionamiento (frecuencias candidatas) asociadas por extracción al apuntamiento considerado en la tabla de apuntamientos candidatos, seleccionándose estas frecuencias en el campo de las frecuencias utilizables. Dicho de otro modo, el campo de visibilidad gestionado constituye una fracción del campo de visibilidad asignada. Este se determina a partir del intervalo de frecuencias asignado al apuntamiento considerado. Este intervalo de frecuencias representa a su vez un subconjunto del mapa de frecuencias autorizadas asignadas al radar.

El mapa de frecuencias autorizadas puede presentar varias formas, tal y como se muestra en las ilustraciones 6-a a 6-c de la figura 6. Puede consistir, por ejemplo, en un juego de M frecuencias 61 consecutivas que cubren la totalidad del mapa de frecuencias B asignado al funcionamiento del radar (6-a) o una sub-banda de N frecuencias 62 contiguas (6-b) de la banda de frecuencias total B. También puede consistir (6-c) en un juego de P frecuencias 63 repartidas de forma separada o no en el conjunto de la banda B (denominada peine incompleto de frecuencias). Hay que señalar aquí que la banda de frecuencias B asignada al radar es por lo general un conjunto de frecuencias discretas distanciadas de manera regular comprendidas entre una frecuencia F_{\min} y una frecuencia F_{\max} .

De acuerdo con la invención, el intervalo de frecuencias atribuido a cada petición de apuntamiento, frecuencias que forman el campo de visibilidad gestionado, está determinado, tal y como se ilustra en el esquema de la figura 6, por una frecuencia mínima f_{\min} seleccionada por medio de un proceso aleatorio entre las frecuencias que constituyen el mapa de frecuencias autorizadas B que son inferiores a una frecuencia $f_{\text{limite_tirage}}$ dada, y una frecuencia máxima f_{\max} superior a $f_{\text{limite_tirage}}$ e inferior o igual a la frecuencia máxima F_{\max} de este mapa de frecuencias. El conjunto de las n frecuencias que pertenecen al intervalo $[f_s, f_{\max}]$ forma una zona del campo de visibilidad gestionado denominado ventana de seguridad. De acuerdo con la invención n se define como un número pequeño delante del número de las frecuencias autorizadas. El principio de determinación de f_{\min} se expone en la siguiente descripción relativa a la etapa 57.

En consecuencia, la etapa 51 selecciona los apuntamientos considerados visibles con respecto a los criterios citados con anterioridad, excluyéndose entonces los demás apuntamientos candidatos.

Hay que señalar, además, que si determinadas frecuencias candidatas únicamente están asociadas a apuntamientos candidatos que están excluidos, en consecuencia estas frecuencias se encuentran inmediatamente excluidas de las elecciones que se realizan con posterioridad durante la iteración considerada. De este modo, la selección operada en la etapa 51, etapa que únicamente se refiere en principio a los apuntamientos candidatos puede influir, en la práctica, en la selección de las frecuencias.

De acuerdo con la invención, la segunda etapa 52 se aplica a los apuntamientos candidatos que no se han rechazado al final de la etapa 51. Esta consiste, tal y como se ilustra en la figura 9, en excluir los apuntamientos 82 que, si finalmente se seleccionaran en la iteración considerada, podrían inducir la pérdida de uno o de varios otros apuntamientos candidatos 81 cuyo vencimiento está próximo, es decir los apuntamientos 81 que, si se excluyeran, ya no se podrían seleccionar en la iteración siguiente, debido al tiempo necesario para emitir el apuntamiento 82 seleccionado en la iteración considerada. Este es el caso, en particular si, tal y como se muestra en la figura 9, la dirección de la antena se encuentra en el instante de la selección próxima a la salida 93 del campo de visibilidad gestionado del (o de los) apuntamiento (apuntamientos) excluido(s). El principio de esta segunda etapa consiste, por lo tanto, en tener en cuenta las duraciones de ejecución 91 y 92 de los apuntamientos en cuestión 81 y 82 para determinar si la selección de un apuntamiento candidato 82 operado en la iteración actual puede eliminar otro apuntamiento candidato 81 en la siguiente iteración, pudiendo este apuntamiento, cuyo vencimiento está próximo, ser o no ser aun un apuntamiento candidato en el momento de la selección.

En consecuencia, al final de la segunda etapa 52 los apuntamientos candidatos seleccionadas son bien los apuntamientos ya seleccionados durante la etapa 51, o bien los apuntamientos considerados prioritarias de acuerdo con sus fechas de vencimiento.

Para tratar el caso en el que varios apuntamientos próximos a su vencimiento corren el riesgo de perderse, el procedimiento comienza de forma iterativa las pruebas con la más prioritaria de estas. En el caso de que el apuntamiento que quede en esta etapa no se pueda utilizar en relación a su frecuencia, los apuntamientos anteriormente seleccionados se reactivan.

La tercera etapa 53 del procedimiento de acuerdo con la invención tiene por objeto seleccionar entre los apuntamientos seleccionados al final de la etapa anterior, etapa 51 o 52 según los casos, únicamente los apuntamientos del cual una al menos de la frecuencias asociadas corresponde a la desviación acimutal que hay que operar (con respecto a la dirección de la antena) para ejecutar este apuntamiento en la dirección requerida, siendo estas frecuencias las frecuencias autorizadas que corresponden al campo de la visibilidad gestionado específico de cada apuntamiento. El principio de esta selección se muestra en las ilustraciones 10-a y 10-b de la figura 10 que ilustran dos casos posibles, correspondiendo el primer caso 10-a a un apuntamiento asociado a dos frecuencias.

5 Para ello, se determina para cada apuntamiento la o las frecuencias que tiene asignadas que corresponden en el instante de selección a la dirección requerida 101 o 102 (frecuencia teórica) 101 del apuntamiento teniendo en cuenta una tolerancia materializada en la ventana 103 en las ilustraciones 10-a y 10-b de la figura 10. La ilustración 10-a presenta el caso en el que para un apuntamiento dado solo se puede conservar una de las frecuencias asociadas 105. La ilustración 10-b, por su parte, presenta el caso en el que para un apuntamiento dado se pueden conservar dos frecuencias asociadas 104 y 105.

La tolerancia materializada en la ventana 103 permite limitar el desfase entre la dirección requerida 101 o 102 y la dirección realmente apuntada 104 o 105 debido a que las frecuencias disponibles se distribuyen de manera discreta. La ventana de tolerancia se define en función de las limitaciones de rendimiento del radar.

10 En consecuencia, si entre las frecuencias candidatas asociadas al apuntamiento candidato considerado, existe al menos una frecuencia próxima a la frecuencia f_0 correspondiente a la dirección teórica θ_0 del apuntamiento, es decir una frecuencia asignada que se sitúa en la ventana de tolerancia, entonces se conserva el apuntamiento así como la o las frecuencias vecinas de f_0 que han permitido que se lo conserve.

15 De este modo, en el supuesto de que ninguna de las frecuencias asignadas al apuntamiento candidato se sitúe dentro de la ventana, este se excluye.

Del mismo modo, en el supuesto, correspondiente a la ilustración 10-a, de que una única frecuencia 103 entre las frecuencias asignadas se sitúe dentro de esta ventana, se conserva el apuntamiento y esta frecuencia.

Por último, en el supuesto, correspondiente a la ilustración 10-b, de que varias de las frecuencias 104 y 105 asignadas se sitúen dentro de esta ventana, se conservan tanto el apuntamiento como estas dos frecuencias.

20 Hay que recordar aquí que, tal y como se ilustra en la figura 10 y como se ha dicho con anterioridad, no existe una relación biyectiva entre un apuntamiento candidato y una frecuencia candidata (una frecuencia candidata 105 puede estar asociada a varios apuntamientos candidatos, y a la inversa un apuntamiento candidato puede presentar varias frecuencias 104, 105 candidatas).

25 De acuerdo con la invención la cuarta etapa 54 del procedimiento se aplica a los apuntamientos candidatos que no se han rechazado al final de la tercera etapa 53. Esta consiste en tener en cuenta el nivel de prioridad atribuido a cada una de los apuntamientos candidatos. Este nivel de prioridad depende en particular del tipo del apuntamiento considerado (por ejemplo se pueden atribuir prioridades diferentes según la importancia del tipo de apuntamiento, como entre apuntamientos de vigilancia y de seguimiento) y de la posición actual de la dirección de la antena en su campo de visibilidad gestionado (un apuntamiento cuya dirección de antena entra dentro de su ventana de respaldo ve aumentar su prioridad). Al final de esta etapa, si un apuntamiento tiene un nivel de prioridad superior a los niveles de prioridad de los otros apuntamientos seleccionados al final de la tercera etapa 53, este apuntamiento se conserva. Del mismo modo, si varios apuntamientos tienen un nivel de prioridad idéntico, superior al nivel de prioridad de los otros apuntamientos candidatos seleccionados al final de la tercera etapa 53, estos apuntamientos se conservan.

35 La quinta etapa 55 del procedimiento de acuerdo con la invención tiene por objeto excluir de la selección final aquellas de los apuntamientos candidatos seleccionadas en la etapa anterior, etapa 53 o 54 según los casos, para las cuales todas las frecuencias asociadas se declaran perturbadas o, en el caso de que las frecuencias asociadas a los apuntamientos candidatos estén todas perturbadas, excluir todos los apuntamientos candidatos con la excepción de aquel o aquellos asociados a la frecuencia menos perturbada.

40 La determinación de las frecuencias perturbadas se puede realizar de diferentes maneras conocidas. Se puede utilizar, por ejemplo, un mapa de las frecuencias perturbadas, establecido por otra parte por el radar en las fases de escucha por ejemplo. Este mapa se establece de manera general para el conjunto del mapa de frecuencias autorizadas del radar. Este mapa se mantiene de un giro a otro por sector en función de los resultados de las frecuencias escuchadas. Como alternativa, también se pueden determinar de manera dinámica estas frecuencias perturbadas, limitando el análisis de la interferencia únicamente a las frecuencias candidatas, es decir a las frecuencias autorizadas realmente accesibles para el radar en el instante actual, es decir aquellas que se han seleccionado en la etapa de selección anterior 54. El análisis lo realiza entonces el radar en tiempo real procediendo, antes de la emisión de un apuntamiento, a una escucha enfocada sobre un juego restringido de algunas de estas frecuencias. Este último modo de proceder se conoce con la denominación anglosajona "Instantaneous Least Jammed Frequencies" (ILJF).

50 En consecuencia, la quinta etapa 55 del procedimiento de acuerdo con la invención diferencia tres casos:

- si ninguna de las frecuencias candidatas asociadas a los apuntamientos candidatos seleccionados está perturbada no se excluye ninguno de los apuntamientos;
- si todas las frecuencias candidatas están perturbadas, el apuntamiento conservado es el asociado a la frecuencia menos perturbada;
- si únicamente algunas frecuencias candidatas están perturbadas, únicamente se excluyen los apuntamientos candidatos que solo están asociadas a frecuencias perturbadas.

Hay que señalar que para las limitaciones de funcionamiento en tiempo real, la etapa 55 y las siguientes se pueden insertar operativamente en la GRR, ya que el procedimiento de escucha instantánea ILJF está muy limitado en el tiempo.

5 De acuerdo con la invención la sexta etapa 56 del procedimiento se aplica a los apuntamientos candidatos que no se han rechazado al final de la quinta etapa 55. Esta constituye la última etapa de selección y consiste en retener únicamente el apuntamiento candidato asociado a la frecuencia candidata menos utilizada durante las iteraciones anteriores. Este apuntamiento y la frecuencia correspondiente forman el par (apuntamiento, frecuencia) finalmente seleccionado.

10 La prueba que se practica durante esta sexta etapa, que ilustra la figura 11, está basada en el estudio del histograma de las frecuencias autorizadas emitidas en los últimos giros de antena (para cada frecuencia autorizada porcentaje de apuntamientos emitidos en esta frecuencia). En la ilustración de la figura 11 se considera el caso en el que únicamente dos apuntamientos candidatos asociados cada uno a una sola frecuencia aun están seleccionados (representados por unos segmentos de rectas en línea continua). De acuerdo con la invención, si una frecuencia 111, correspondiente a los apuntamientos candidatos seleccionados al final de la etapa anterior, presenta una tasa de uso más baja que la otra frecuencia seleccionada (ilustración 11-a, en línea continua las frecuencias candidatas), se selecciona esta frecuencia. En consecuencia el o los apuntamientos correspondientes se seleccionan y los demás apuntamientos candidatos se excluyen. Por el contrario, si todas las frecuencias que corresponden a los apuntamientos seleccionados presentan una tasa de uso idéntica, tal y como muestra la figura 11-b en la que se comprueba que dos frecuencias 112 y 113 tienen una tasa de uso igual, entonces la frecuencia seleccionada (113) es aquella que está más cerca de la frecuencia nominal f_0 (114 para la frecuencia 112, 115 para la frecuencia 113) del apuntamiento candidato al que está asociada. En consecuencia, el apuntamiento candidato al cual está asociada esta frecuencia se conserva y los demás apuntamientos se excluyen.

15 En último lugar, si varios apuntamientos están asociados a la frecuencia seleccionada, el que se conserva es aquel para el cual la dirección de antena es la más cercana a la salida de su campo de visibilidad gestionado, o lo que es equivalente, el apuntamiento cuyo vencimiento temporal está más próximo.

20 Al final de la sexta etapa 56 del procedimiento de acuerdo con la invención, finalmente se selecciona un único apuntamiento candidato. Las formas de ondas características de este apuntamiento se transmiten a la gestión de las ráfagas de impulsos de radar (GRR) que producirá a continuación la secuenciación temporal de la fase de emisión y de la fase de recepción de radar correspondiente a este apuntamiento. A continuación o bien se suprime de la tabla de los apuntamientos candidatos el apuntamiento candidato (caso de los apuntamientos de vigilancia), o bien se mantiene en la memoria en esta tabla pero de forma desactivada (caso de los apuntamientos de seguimiento, que se reactivan en función de su periodo de emisión).

25 A la sexta etapa del procedimiento de acuerdo con la invención le sigue una séptima etapa 57 que tiene por objeto nutrir la tabla de los apuntamientos candidatos a partir de nuevas peticiones de apuntamiento o de reactivar peticiones de apuntamiento de seguimiento que enseguida van a volver a ser visibles para la antena.

30 Esta etapa realiza en particular la elección del intervalo de las frecuencias que están asociadas a cada apuntamiento, frecuencias que, tal y como se ha dicho con anterioridad, se seleccionan aplicando una extracción aleatoria particular. Esta extracción aleatoria de las frecuencias, tiene principalmente por objeto garantizar la diversidad de las frecuencias que al final empleará el radar, todos los apuntamientos juntos. Consiste en determinar las frecuencias f_{\min} y f_{\max} de inicio y de fin de intervalo. La frecuencia f_{\min} de inicio de intervalo se selecciona de manera aleatoria entre las frecuencias del intervalo lo suficientemente alejadas de la ventana de seguridad con el fin de garantizar la realización de la limitación de diversidad de frecuencias. Sin embargo, la determinación de la frecuencia f_{\min} , que caracteriza el inicio del intervalo de frecuencias asignado al apuntamiento, no es el resultado de una simple extracción aleatoria equiprobable para la cual la probabilidad de elegir, para f_{\min} , una frecuencia dada del mapa de frecuencia citado con anterioridad es la misma para todas las frecuencias de la zona de extracción de la primera frecuencia. Esta es resultado en realidad de una extracción para la cual la probabilidad de elegir, para f_{\min} , una frecuencia dada es una función decreciente de la posición relativa de esta frecuencia en la zona de extracción de la primera frecuencia, teniendo las frecuencias más bajas más posibilidades de ser elegidas que las más altas.

35 De acuerdo con la invención, la ley de decrecimiento se establece de tal modo que la frecuencia mínima (f_{\min}) se extrae dejando de lado las frecuencias más elevadas del campo de frecuencias, frecuencias inferiores a la frecuencia máxima F_{\max} . De este modo se define una frecuencia mínima límite $f_{\text{limite_tirage}}$ inferior a la frecuencia F_{\max} de tal modo que la zona de extracción de la frecuencia f_{\min} está comprendida en el intervalo $[F_{\min}, f_{\text{limite_tirage}}]$. La zona de extracción aleatoria $[F_{\min}, f_{\text{limite_tirage}}]$ es tal que la probabilidad de extraer una frecuencia más allá de $f_{\text{limite_tirage}}$ es nula. La ley de probabilidades de extracción en el intervalo $[F_{\min}, f_{\text{limite_tirage}}]$ de la frecuencia mínima f_{\min} es, además, decreciente, lo que tiene de manera ventajosa como efecto compensar el hecho de que la intersección de todos los conjuntos, que al final se atribuirán a los apuntamientos, favorecerá la selección de las frecuencias altas en estos conjuntos.

40 El carácter decreciente de la ley de extracción de f_{\min} que favorece las bajas frecuencias va a compensar de manera ventajosa el efecto inducido de promoción sistemática de las frecuencias elevadas naturalmente provocado por el

modo de selección de las frecuencias utilizadas durante las etapas del procedimiento de acuerdo con la invención. De este modo permite establecer una equiprobabilidad de las frecuencias que emplea el radar.

De acuerdo con la invención, la fórmula de la extracción de la frecuencia mínima f_{\min} viene dada por la expresión:

$$i_{\text{freq}} = \text{Nb}_{\text{freq_aleatoire}} - 1 - E(\text{Nb}_{\text{freq_aleatoire}} \cdot \text{Tirage_uniforme}(\cdot)^{\text{Coefic_tirage}}) [2]$$

en la cual:

- $\text{Nb}_{\text{freq_aleatoire}}$ es el número de frecuencias del intervalo de la extracción aleatoria;
- $E()$ es la función que devuelve la parte entera de un número;
- $\text{Tirage_uniforme}(\cdot)$ es la función que devuelve un número entre 0 y 1 siguiendo una ley uniforme;
- Coefic_tirage es un coeficiente real entre 0 y 1, utilizado como exponente de la función $\text{Tirage_uniforme}(\cdot)$. Se podrá tomar, por ejemplo, un valor igual a 0,5 y obtener de este modo una extracción de acuerdo con una ley que sigue un decrecimiento uniforme (ley lineal) como en el caso que se ilustra en la figura 7. Como alternativa se podrá tomar, por ejemplo, un valor igual a 0,25 y obtener de este modo una extracción de acuerdo con una ley que sigue un decrecimiento cuadrático.
- i_{freq} es el índice de la frecuencia seleccionada, presentando las frecuencias del intervalo de la extracción aleatoria los índices desde 0 para la frecuencia más baja a $(\text{Nb}_{\text{freq_aleatoire}} - 1)$ para la frecuencia más alta. La frecuencia que corresponde al índice i_{freq} corresponderá a la frecuencia f_{\min} de la ventana atribuida al apuntamiento. Tal y como se muestra en las simulaciones realizadas por la solicitante, esta extracción aleatoria particular al contrario que una extracción aleatoria equiprobable contribuye a obtener de manera ventajosa una distribución homogénea a lo largo del tiempo de las frecuencias autorizadas. De este modo contribuye a que el radar sea menos sensible a determinados tipos de interferencias.

Así pues, la etapa 57 del procedimiento de acuerdo con la invención permite asociar a cada una de los apuntamientos candidatos, un intervalo de frecuencias cuya frecuencia inicial, f_{\min} , se determina de tal modo que se induzca una distribución más homogénea de las frecuencias que se utilizarán. Estas frecuencias constituyen la zona denominada "zona de extracción de la primera frecuencia". De este modo se atribuye un número dado de frecuencias a cada apuntamiento candidato en el momento de su integración en la tabla. La determinación del intervalo de frecuencias asociado a cada apuntamiento candidato se realiza de manera ventajosa de modo completamente independiente de un apuntamiento a otro. Cada frecuencia determina, teniendo en cuenta la posición de la antena y su velocidad de giro, un instante de realización posible del apuntamiento considerado. Tal y como se ilustra en la figura 7, el intervalo de frecuencias determinado de este modo permite, por lo tanto, definir para cada petición de apuntamiento una zona angular de tamaño variable (aleatorio) denominado campo de visibilidad gestionado que cuando la recorre la dirección de antena autoriza al radar para que aplique el apuntamiento correspondiente utilizando una de las frecuencias del intervalo. De este modo, tal y como se ilustra en la figura 8, se pueden determinar, para una dirección dada de la antena, los apuntamientos candidatos 81 y 82 que se pueden utilizar en un instante dado desde el momento en que el acimut de la antena se encuentra en uno al menos de los campos de visibilidad de los apuntamientos candidatos.

En consecuencia, las peticiones de apuntamientos que se han seleccionado y aquellas cuya utilización ya no es posible (dirección de antena situada después de los campos de visibilidades de estas peticiones) se eliminan de la tabla mientras que las otras se quedan (dirección de antena situada antes o dentro de los campos de visibilidades de estas peticiones) de tal modo que se tengan en cuenta en la siguiente iteración.

Además de la elección del intervalo de las frecuencias que están asociadas a cada apuntamiento candidato, la etapa 57 también tiene como función constituir de manera dinámica en cada iteración, tal y como se ilustra en la figura 12, las nuevas peticiones de apuntamiento que hay que tener en cuenta. Estas nuevas peticiones son a la vez nuevas peticiones de apuntamientos de vigilancia cuyas direcciones están incluidas en una primera ventana angular 121 contigua al campo de visibilidad 122 del radar (campo de visibilidad completo si todas las frecuencias están autorizadas o campo de visibilidad parcial si solo una parte de las frecuencias están autorizadas) así como las peticiones de apuntamientos de otros tipos que pueden producirse eventualmente, peticiones de seguimiento, por ejemplo, peticiones cuyas direcciones están incluidas en una segunda ventana angular 123 contigua a la primera ventana 121. La posición de la antena 31 tomada como origen es la que se obtiene tras tener en cuenta el último apuntamiento seleccionado.

De acuerdo con un modo preferente de realización de la invención, el tamaño de la primera ventana angular 121 está determinado de tal modo que corresponda al ángulo de giro de la antena con una duración equivalente a la duración máxima de un medio-apuntamiento al cual se añade el retardo máximo que puede existir entre el momento en el que se ha seleccionado un apuntamiento y el momento en que se ha emitido efectivamente.

De acuerdo con este modo preferente de aplicación, el tamaño de la segunda ventana angular 123 se determina, por su parte, que es proporcional al valor de extensión acimutal $\text{DAZ}_{\text{AdaptationCharge}}$ que corresponde a un múltiplo de la extensión acimutal que corresponde del campo de visibilidad parcial en el límite de la del campo de visibilidad completo. Esta ventana puede ser, por ejemplo, igual a 0,5 veces el valor de extensión acimutal $\text{DAZ}_{\text{AdaptationCharge}}$. El

límite teórico más allá del cual una sobrecarga local centrada en ese sector ya no puede tratarse es, por su parte, igual a dos veces el campo de visibilidad parcial.

En la práctica, para crear de manera dinámica un apuntamiento de vigilancia en una dirección dada, incluida en la primera ventana 121, el procedimiento de acuerdo con la invención tiene en cuenta las peticiones de apuntamiento que se refieren a los demás apuntamientos que no son apuntamientos de vigilancia cuya dirección está incluida en la segunda ventana 123 y el último apuntamiento de vigilancia creado en la iteración anterior. En consecuencia, el apuntamiento de vigilancia cuya dirección está incluida en la segunda ventana 123 y el último apuntamiento de vigilancia creado en la iteración anterior. En consecuencia, el apuntamiento de vigilancia considerado tiene como dirección la dirección del apuntamiento de vigilancia anterior al cual se añade una distancia acimutal $DistanciaAZ_{Veille}$ definida y calculada de la siguiente manera.

La puesta en marcha de esta lógica de adaptación del radar en la carga se hace considerando que la distancia acimutal impuesta por el procedimiento de acuerdo con la invención entre dos apuntamientos de vigilancia vecinos, $DistanciaAZ_{Veille}$ comprende una componente a largo plazo, $DistanciaAZ_{VeilleLT}$, y una componente a corto plazo, $DistanciaAZ_{VeilleCT}$.

$DistanciaAZ_{VeilleLT}$ está muy poco influenciada por los desfases locales de carga. Su valor corresponde al sector en acimut barrido por la antena durante la duración media de un apuntamiento, duración calculada en un periodo de tiempo de varios segundos, teniendo en cuenta un porcentaje de apuntamientos técnicos fijado a priori.

$DistanciaAZ_{VeilleCT}$ únicamente reacciona a las variaciones de carga locales. Su valor viene dado por la siguiente expresión:

$$DistanciaAZ_{VeilleCT} = DA_{Charge} \cdot DistanciaAZ_{VeilleLT} / (DA_{AdaptationCharge} \cdot DA_{Charge}) \quad [3]$$

en la cual DA_{Charge} corresponde al desfase de carga de radar instantánea constatado, conducido a un valor acimutal positivo en caso de sobrecarga y negativo en caso de sub-carga.

Se constata que $DistanciaAZ_{VeilleCT}$ es positiva en caso de sobrecarga (se alejan más los apuntamientos de vigilancia durante un cierto tiempo de tal modo que se libere progresivamente de la carga de radar), negativo en caso de sub-carga (se juntan los apuntamientos de vigilancia durante un cierto tiempo de tal modo que se aprovecha progresivamente del extra de carga de radar disponible) y nulo cuando la carga es normal. En caso de sobrecarga local importante y brusca, se limitará la distancia máxima entre apuntamientos del procedimiento.

Con el objeto de que la diferencia en acimut se mantenga prácticamente constante en la zona tratada, el cálculo de $DistanciaAZ_{VeilleCT}$ solo se realiza en caso de detección de una nueva causa de sobrecarga o de sub-carga (como, por ejemplo, el tener en cuenta un apuntamiento de vigilancia o una variación de la velocidad de giro de antena) o cuando el estado de carga vuelve a ser normal. En este último caso, la diferencia en acimut se considera que la da la componente $DistanciaAZ_{VeilleLT}$.

El cálculo de la distancia acimutal calculada de este modo permite hacerlo de tal modo que un estado de sobrecarga o de sub-carga de radar se trate lo mejor posible en un sector acimutal con una anchura igual a $DA_{AdaptationCharge}$. En este sector las distancias en acimut entre apuntamientos de vigilancia serán prácticamente constantes y la entrada y la salida de este sector se harán sin variaciones demasiado bruscas de estas distancias, garantizando así que la anchura del sector en cuestión es suficiente.

De este modo se determina para cada apuntamiento de vigilancia futuro, memorizado en la tabla de los apuntamientos candidatos, la dirección apuntada correspondiente.

A la séptima etapa 57 le sigue finalmente una última etapa 58 que consiste en tratar los apuntamientos candidatos que no se han seleccionado en los últimos apuntamientos y que ya no son candidatos posibles para la siguiente iteración debido a que la dirección de la antena ha abandonado sus respectivos campos de visibilidad gestionados, hay que considerar dos casos:

- si el apuntamiento candidato es de vigilancia este se suprime simple y llanamente de la tabla de los apuntamientos candidatos;
- si el apuntamiento candidato no es un apuntamiento de vigilancia, sino que es sin embargo periódico (apuntamiento de seguimiento, por ejemplo) este se conserva en la tabla de los apuntamientos candidatos pero en estado desactivado (no se tienen en cuenta en las etapas de selección) y se activará de nuevo y sus parámetros por lo tanto se reactualizarán (como, por ejemplo, su posición y su campo de visibilidad gestionado) en el giro de antena siguiente o en su periodo siguiente durante su nuevo paso por la ventana angular 123.

Hay que señalar que si, al final de una iteración de las diferentes etapas del procedimiento de acuerdo con la invención, no se selecciona ningún apuntamiento (detección de "tiempos muertos"), se aplica un apuntamiento técnico (véase la figura 13). Se inicia entonces una nueva iteración.

De la misma manera, si los apuntamientos candidatos no son suficientes en la primera etapa de una iteración dada, se selecciona un apuntamiento técnico. En efecto, el tratamiento de un número insuficiente de apuntamientos candidatas no permitiría una gestión eficiente de las frecuencias, es decir un mantenimiento de la equiprobabilidad de las frecuencias. Se inicia entonces una nueva iteración.

- 5 El principio de gestión de los “tiempos muertos” mediante la inserción de apuntamientos técnicos se ilustra en la figura 13. Si en un instante dado t_1 no se dispone de ningún apuntamiento candidato activo, ya sea que, teniendo en cuenta el acimut de la antena, los campos de visibilidad, 134,135 o 136, de los apuntamientos candidatos disponibles 131, 132 o 133, no es accesible para el haz de antena en el instante t_1 , o bien que la parte del campo de visibilidad 138 de uno o varios apuntamientos candidatos disponibles 137 que corresponden a las frecuencias asociadas a estos apuntamientos no es accesible para el haz de antena en el instante t (véase la figura 10 que muestra unos ejemplos de apuntamientos accesibles para la antena debido a la tolerancia que se materializa en la ventana 103) se inserta un apuntamiento técnico 139 de una duración dada. A continuación se determina el instante t_2 de final de ejecución del apuntamiento técnico y se observa si en este instante, teniendo en cuenta el giro de la antena, algunos de los apuntamientos candidatos anteriores, 131, 132, 133 o 137 se han vuelto activos.
- 10
- 15 En caso afirmativo, se tienen en cuenta los apuntamientos candidatos activas.

En caso negativo, al no ser aun accesible ningún apuntamiento candidato, se inserta otro apuntamiento técnico 1311.

- La operación se repite hasta que para un instante dado t_3 , teniendo en cuenta el acimut de la antena en este instante, un primer apuntamiento candidato 132 se vuelve potencialmente accesible, teniendo en cuenta la dirección de la antena.
- 20

Hay que señalar que, de acuerdo con la invención, la tasa de apuntamientos técnicos se regula a través de la función 57 (la distancia entre apuntamientos tiene en cuenta un porcentaje de tiempo para los apuntamientos técnicos definido a priori y fijador por el operador).

- Al aprovechar el carácter dispersivo de la antena que utiliza el radar en el cual se ha aplicado el procedimiento de acuerdo con la invención permite de manera ventajosa, en lo que se refiere a los apuntamientos que hay que ejecutar durante el periodo de giro de la antena, sustituir la noción de instante de ejecución por la noción de intervalo de tiempo de ejecución. De este modo permite gestionar de manera óptima la carga de radar determinando el orden de ejecución de los apuntamientos que hay que ejecutar en un intervalo de tiempo dado (que él mismo ha creado), y permite insertar los apuntamientos dirigidos (como los apuntamientos de seguimiento) lo que permite transformar este radar en un radar multifuncional.
- 25
- 30

También permite gestionar de manera armoniosa las variaciones de la carga de radar (provocadas por la inserción de apuntamientos de seguimiento y por la fluctuación de la velocidad de giro de antena) por medio de una adaptación de la distancia de los apuntamientos de vigilancia a estas variaciones de carga.

- También permite gestionar de manera eficaz las frecuencias, utilizando de forma aleatoria y homogénea las frecuencias autorizadas o las menos perturbadas. Frente a las interferencias, el procedimiento permite adaptarse al mapa de interferencias mantenido giro a giro y a la escucha instantánea de las frecuencias menos perturbadas, para seleccionar lo mejor posible las frecuencias que hay que utilizar.
- 35

- La posibilidad de funcionamiento de tipo multifunción está disponible gracias a la capacidad de insertar de forma dinámica apuntamientos dirigidos de tipo “seguimiento activo”, “reconocimiento de blancos no cooperativos (RNCC)”, “designación externa”,...; pero también de funciones evolucionadas de anti-interferencias “Pick-A-Boo” (distanciamiento de los apuntamientos en torno a una dirección perturbada, para limitar los efectos de la interferencia). Para una capacidad de apuntamiento RNCC con unas formas de ondas de banda ancha (modulación de frecuencia en rampa), y evitar la desalineación del haz con respecto a la posición del blanco, el apuntamiento se ordenará por medio del procedimiento de la invención en varios sub- apuntamientos de rampas de frecuencia reducidas (principio de formas de onda multi-rampas).
- 40
- 45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para gestionar la emisión de los apuntamientos por un radar que comprende una antena dispersiva giratoria cuya velocidad de giro puede variar a lo largo del tiempo, realizándose la gestión en función del campo de visibilidad de la antena en el instante considerado, aplicándose el procedimiento de manera iterativa a unos apuntamientos candidatos, estando asociado en una tabla cada apuntamiento candidato a un conjunto de frecuencias candidatas determinadas entre el conjunto de frecuencias de radar autorizadas, consistiendo el procedimiento en seleccionar, en cada iteración, aquel de los apuntamientos candidatos que se debe ejecutar en primer lugar así como la frecuencia asociada a este apuntamiento para su ejecución, **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
- 5 - una etapa (51) durante la cual se elimina mediante la iteración considerada los apuntamientos candidatos cuya dirección no es accesible para el lóbulo de antena teniendo en cuenta las frecuencias que tiene asociadas en la tabla y la dirección en la que está dirigida la antena;
 - 10 - una etapa (53) durante la cual se eliminan para cada uno de los apuntamientos restantes aquellas de las frecuencias candidatas asociadas que no están situadas en una zona dada de la frecuencia teórica que permite ejecutar el apuntamiento considerado en la dirección deseada, teniendo en cuenta la dirección en la que está dirigida la antena;
 - 15 - una etapa (55) durante la cual se determina si algunas de las frecuencias restantes están perturbadas y en el caso de que todas las frecuencias restantes estén perturbadas, se determina cuál de las frecuencias está menos perturbada; eliminándose las frecuencias perturbadas con la excepción de la frecuencia menos perturbada;
 - 20 - una etapa (56) durante la cual se selecciona, entre las frecuencias candidatas restantes, la frecuencia menos utilizadas; eliminándose los apuntamientos candidatos restantes que no están asociados a esta frecuencia; transmitiéndose el apuntamiento candidato no eliminado al cual está asociada la frecuencia candidata menos utilizada a los medios encargados de aplicar las formas de onda correspondientes;
 - 25 - una etapa (57) de creación de nuevas peticiones de apuntamientos; estando constituida cada nueva petición de apuntamiento por un apuntamiento candidato nuevo o un apuntamiento candidato aun no ejecutado y un conjunto de frecuencias candidatas asociadas, siendo estas frecuencias aquellas de las frecuencias autorizadas que están contenidas en una banda de frecuencia determinada de manera aleatoria en la banda de frecuencias B asignada al radar;
 - 30 - una etapa final (58) para tratar los casos de los apuntamientos que ya no son visibles al final de la iteración actual teniendo en cuenta el desplazamiento del campo de visibilidad consecutivo al giro de la antena;
- formando las etapas del procedimiento, que se repiten de manera iterativa, la tabla que asocia los apuntamientos candidatos y renovándose en cada ciclo las frecuencias candidatas.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** comprende, además, una etapa intermedia (52) que consiste en eliminar los apuntamientos candidatos que, si finalmente no se seleccionaran en la iteración considerada, podrían inducir la pérdida de uno o de varios apuntamientos candidatos cuya duración de visibilidad es baja.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 **caracterizado porque** comprende, además, una segunda etapa intermedia (54) para llevar a cabo la selección de los apuntamientos declarados de la mayor prioridad.
- 40 4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la etapa (57) de creación de nuevas peticiones de apuntamientos procede para cada apuntamiento candidato a la asociación de un intervalo de frecuencias comprendidas en un intervalo limitado por dos frecuencias f_{\min} y f_{\max} , siendo la frecuencia f_{\max} la frecuencia más alta del campo de las frecuencias autorizadas, siendo la frecuencia f_{\min} una frecuencia seleccionada de manera aleatoria en un campo de frecuencia que se extiende desde la frecuencia más
- 45 baja del campo de frecuencias autorizadas hasta una frecuencia f_{\limite_tirage} superior a F_{\min} e inferior a f_{\max} .
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 **caracterizado porque** la frecuencia f_{\min} se obtiene mediante una extracción aleatoria con una densidad de probabilidad decreciente cuando la frecuencia aumenta.
- 50 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 o 5 **caracterizado porque** la frecuencia f_{\limite_tirage} se determina de tal modo que defina con f_{\max} un intervalo de frecuencias que contienen un número bajo de n frecuencias autorizadas delante del número de frecuencias autorizadas contenidas en el intervalo limitado por F_{\min} y f_{\max} .
- 55 7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** para la determinación de los nuevos apuntamientos candidatos, la etapa (57) de creación de nuevas peticiones de apuntamientos tiene en cuenta una primera ventana angular (121) contigua al campo de visibilidad (122) para la determinación de los nuevos apuntamientos de vigilancia y una segunda ventana angular (123) contigua a la primera ventana (121) para la determinación de los otros nuevos apuntamientos, determinándose las ventanas angulares 121 y 123 de tal modo que tengan en cuenta el giro de la antena.

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 **caracterizado porque** la primera ventana angular (121) se determina de tal modo que corresponda al ángulo de giro de la antena en una duración equivalente a la duración máxima de un medio apuntamiento, al cual se añade el retardo máximo que puede existir entre el momento en el que el apuntamiento se ha seleccionado y el momento en el que se ha emitido efectivamente; definiéndose, por su parte, el tamaño de la segunda ventana angular (123) como proporcional al valor de extensión acimutal $DAZ_{AdaptationCharge}$ que corresponde a un múltiplo de la extensión acimutal correspondiente al campo de visibilidad parcial, siendo $DAZ_{AdaptationCharge}$ en todos los casos inferior al campo de visibilidad completo.
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la etapa (55) tiene en cuenta los datos relativos a las frecuencias menos perturbadas para la selección de los apuntamientos de dos formas posibles, bien localmente mediante la escucha instantánea de las frecuencias perturbadas, o bien globalmente mediante el uso de los mapas de frecuencias perturbadas disponibles.

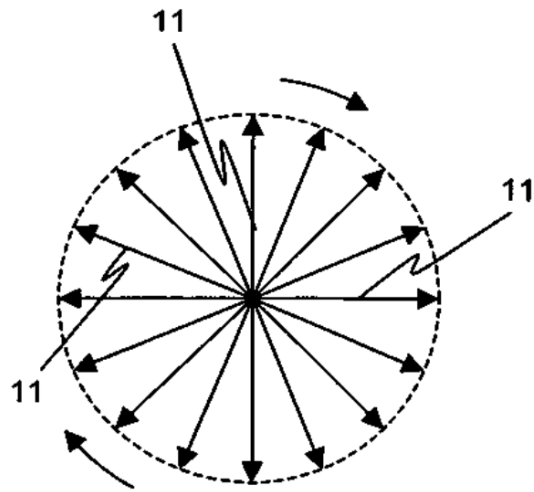


Fig. 1

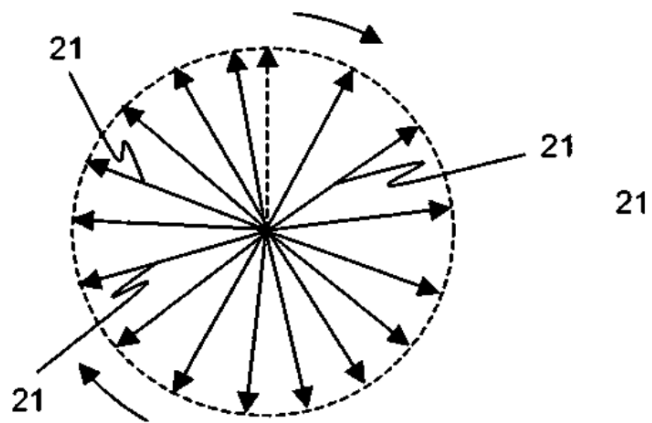


Fig. 2

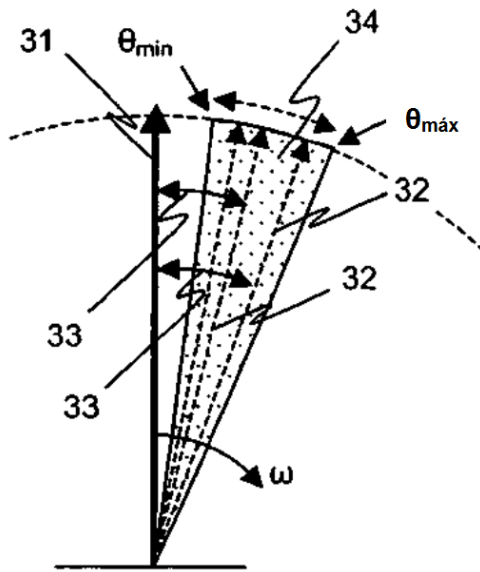


Fig. 3

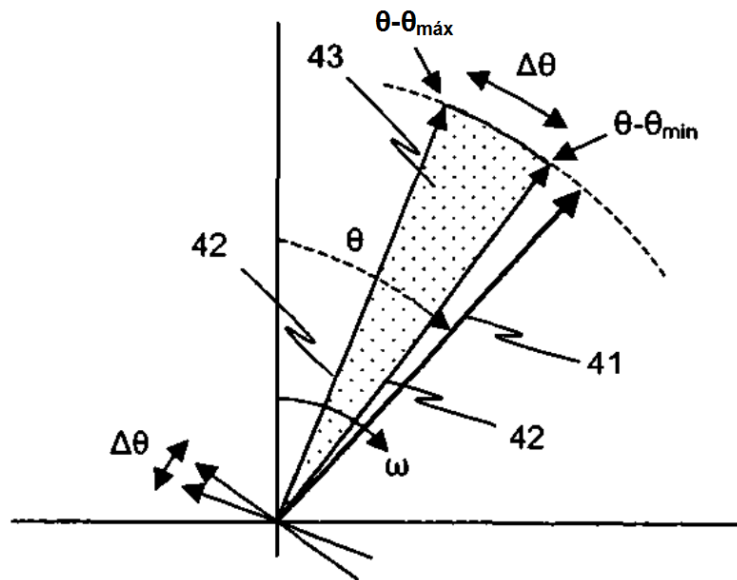


Fig. 4

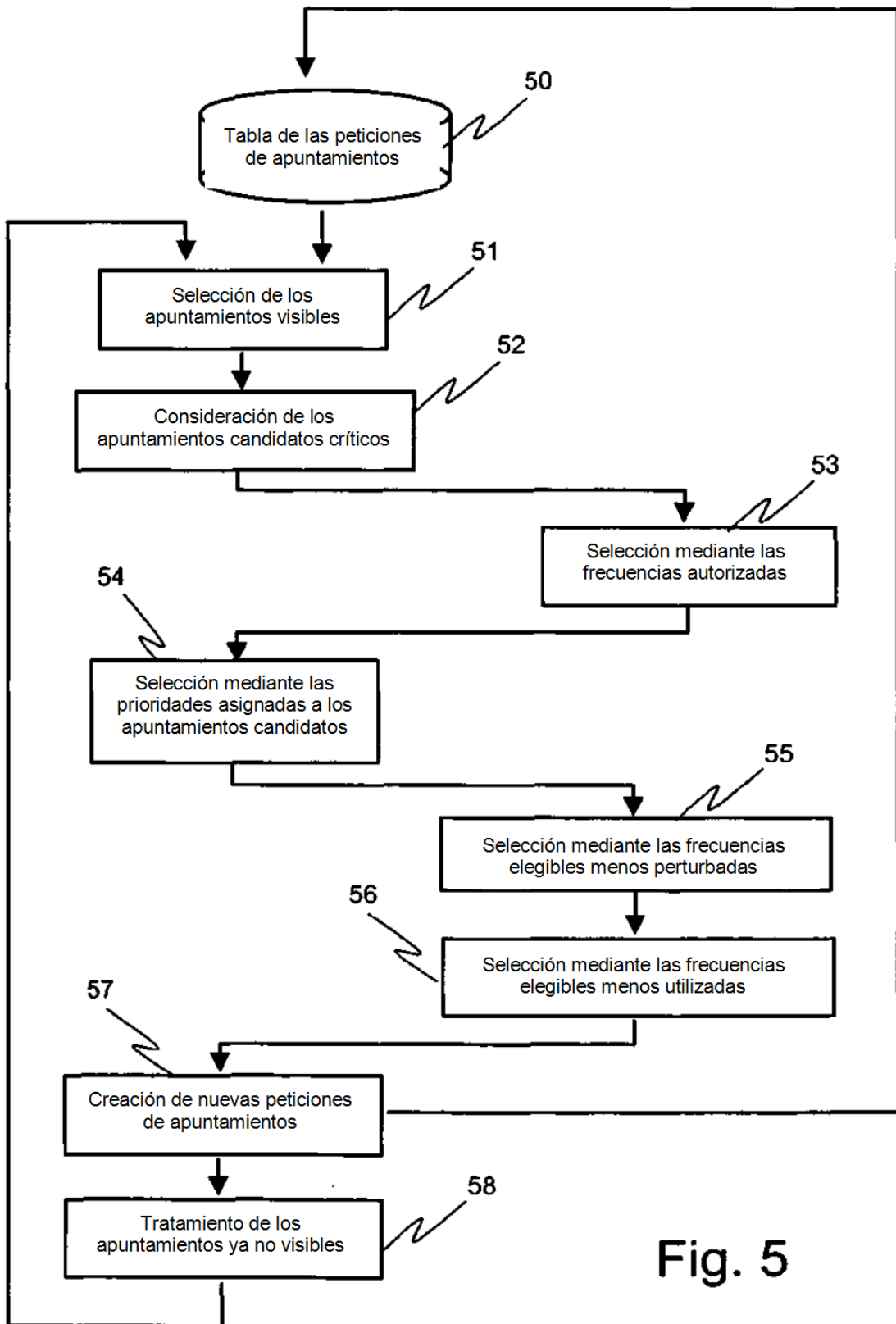
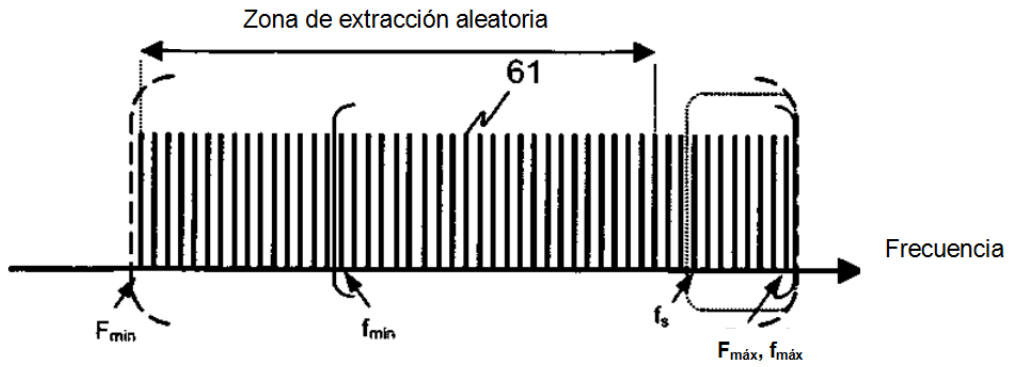
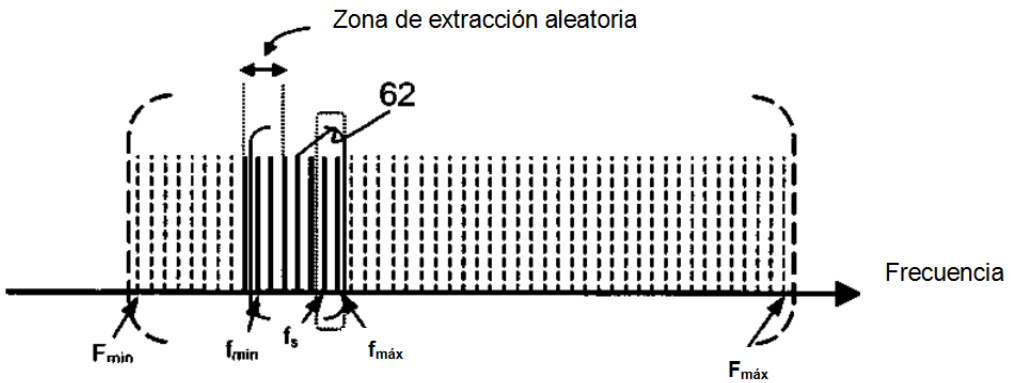


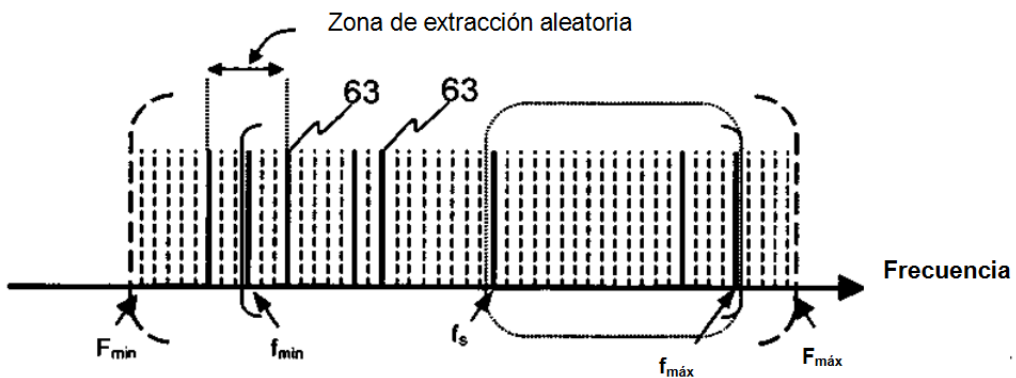
Fig. 5



6-a: Banda continua B de M frecuencias autorizadas



6-b: Sub-banda de la banda B de N frecuencias sucesivas autorizadas



6-c: Peine de P frecuencias autorizadas dispersadas

Fig. 6

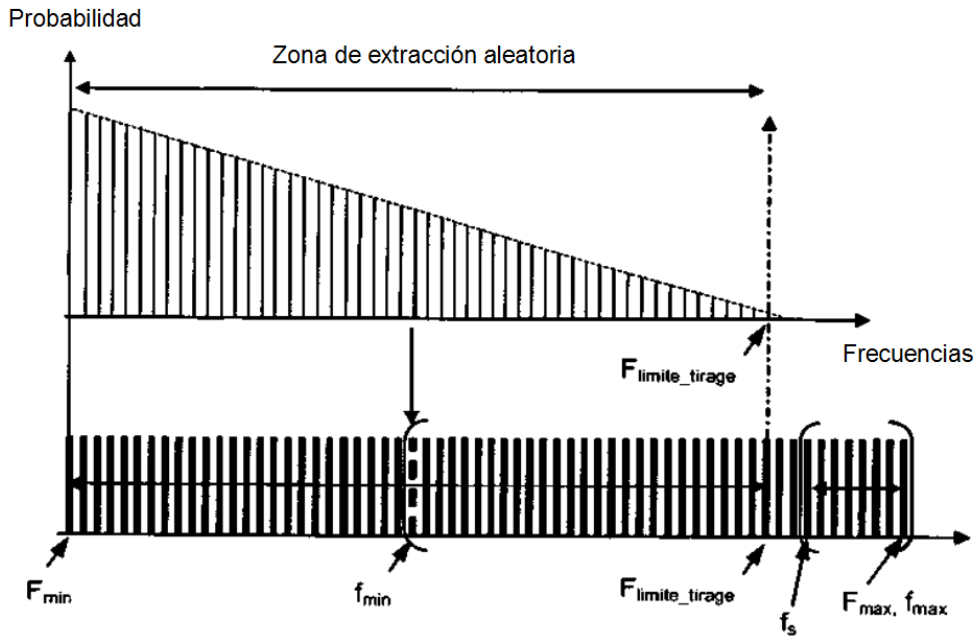


Fig. 7

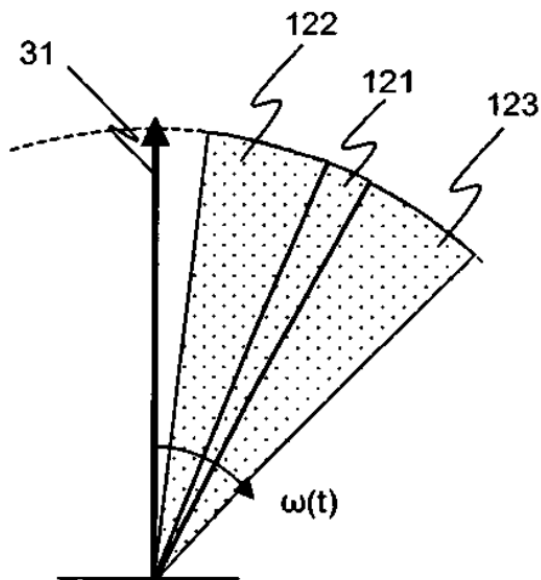


Fig. 12

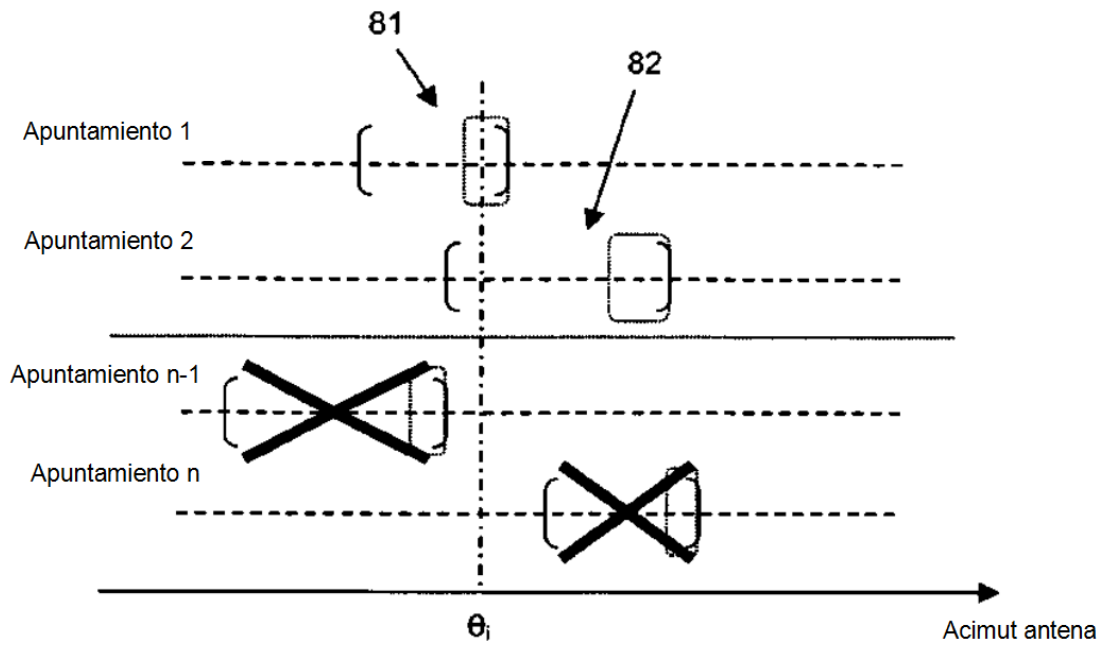


Fig. 8

Primera etapa

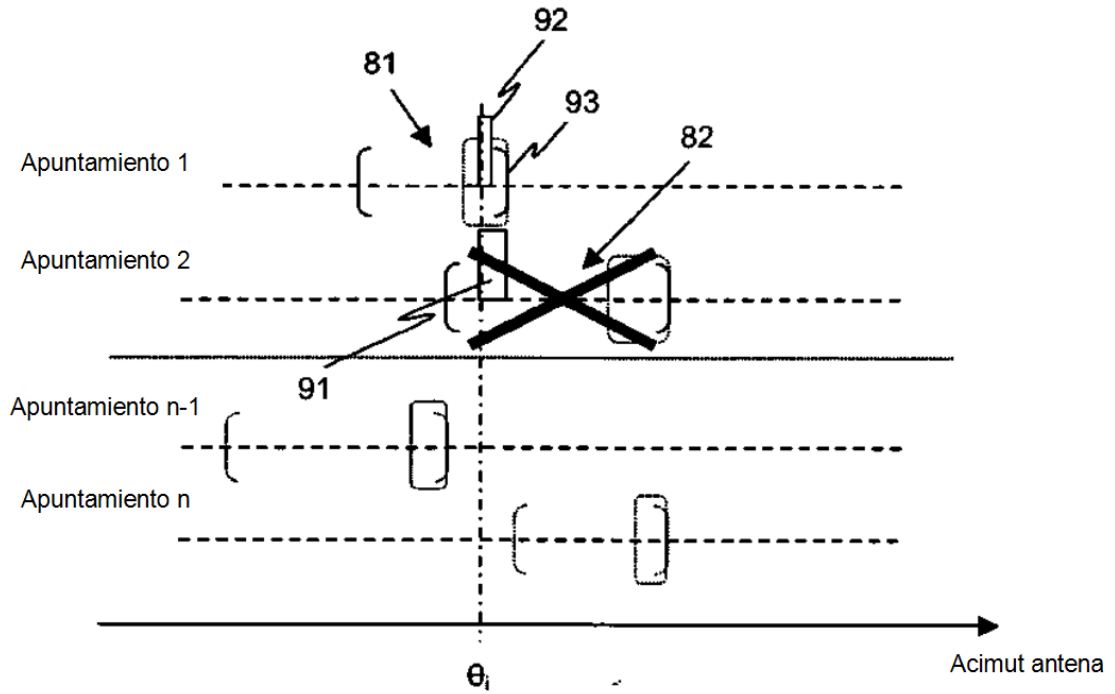


Fig. 9

Segunda etapa

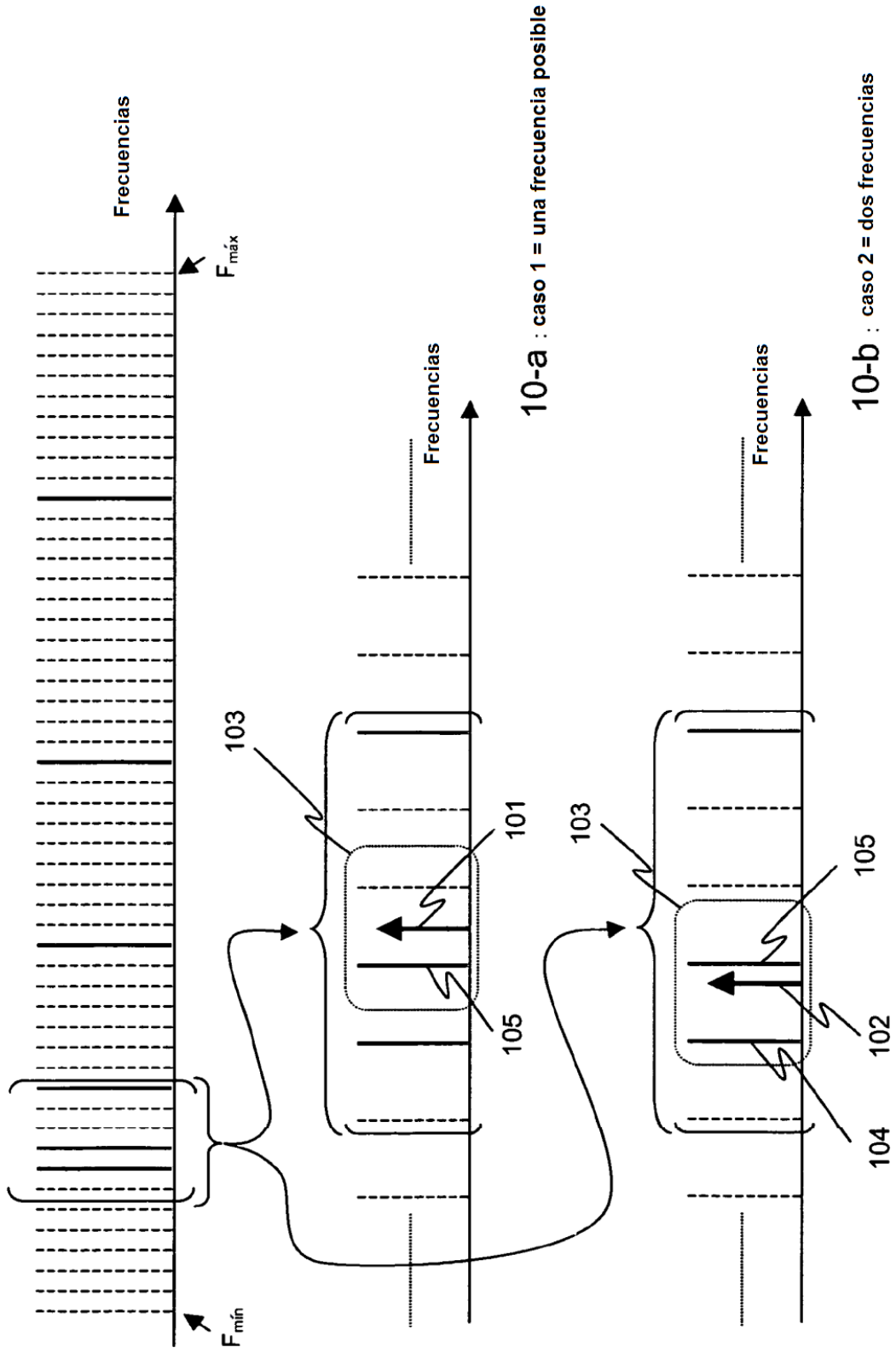
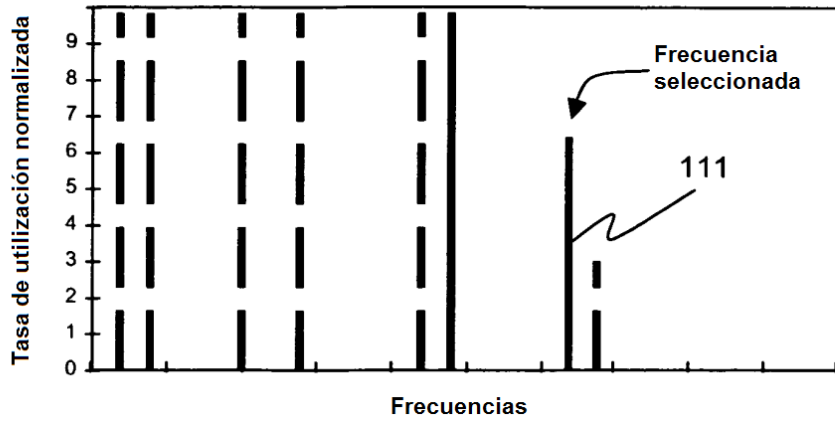
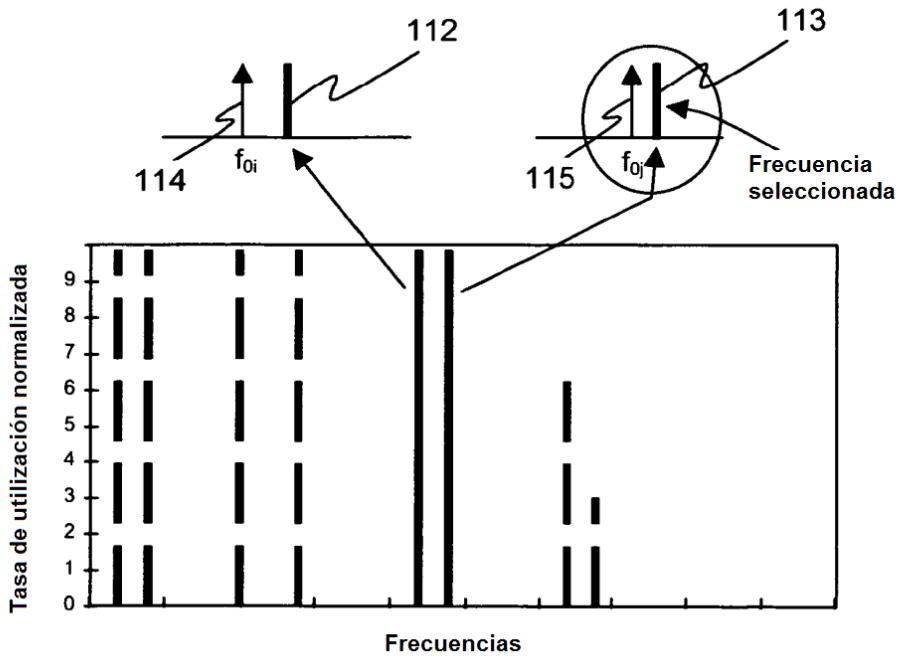


Fig. 10



11-a : caso 1 = dos frecuencias candidatas con tasas diferentes



11-b : caso 1 = dos frecuencias candidatas con tasas idénticas

Fig.11

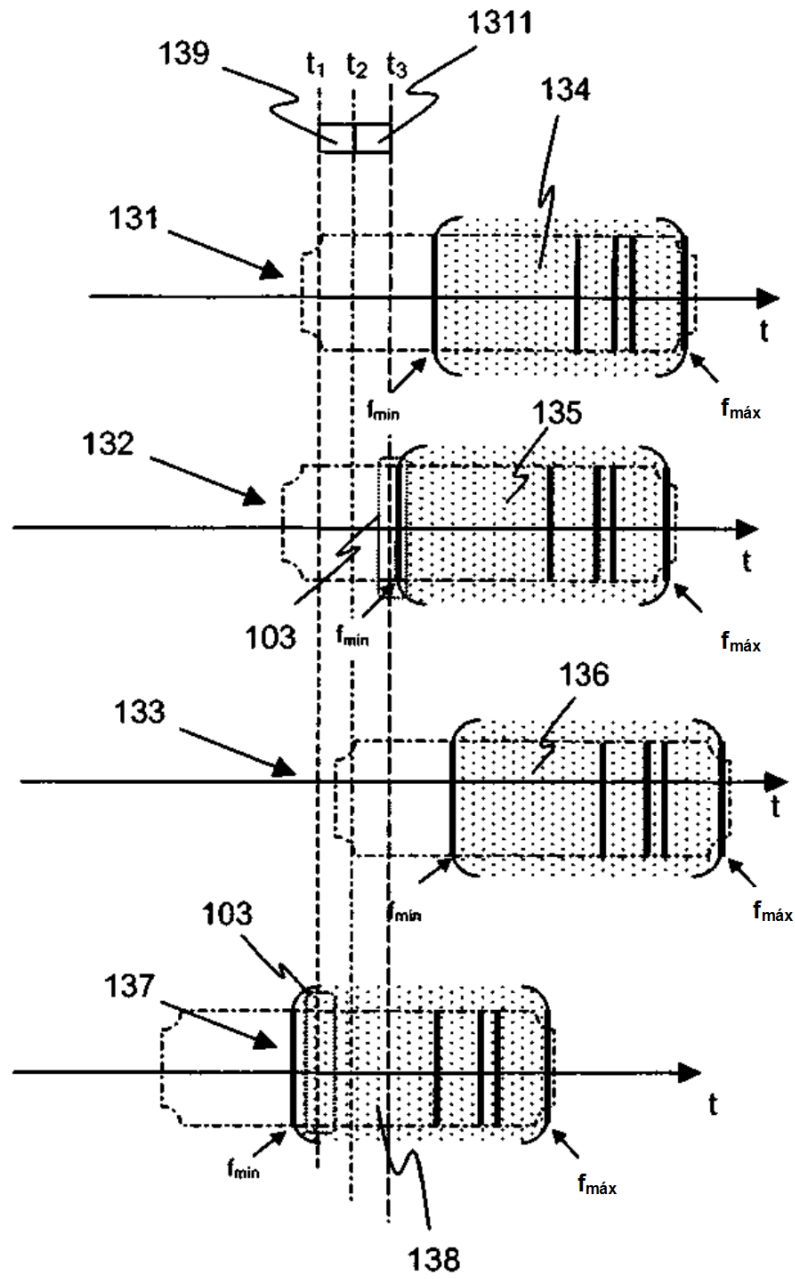


Fig. 13

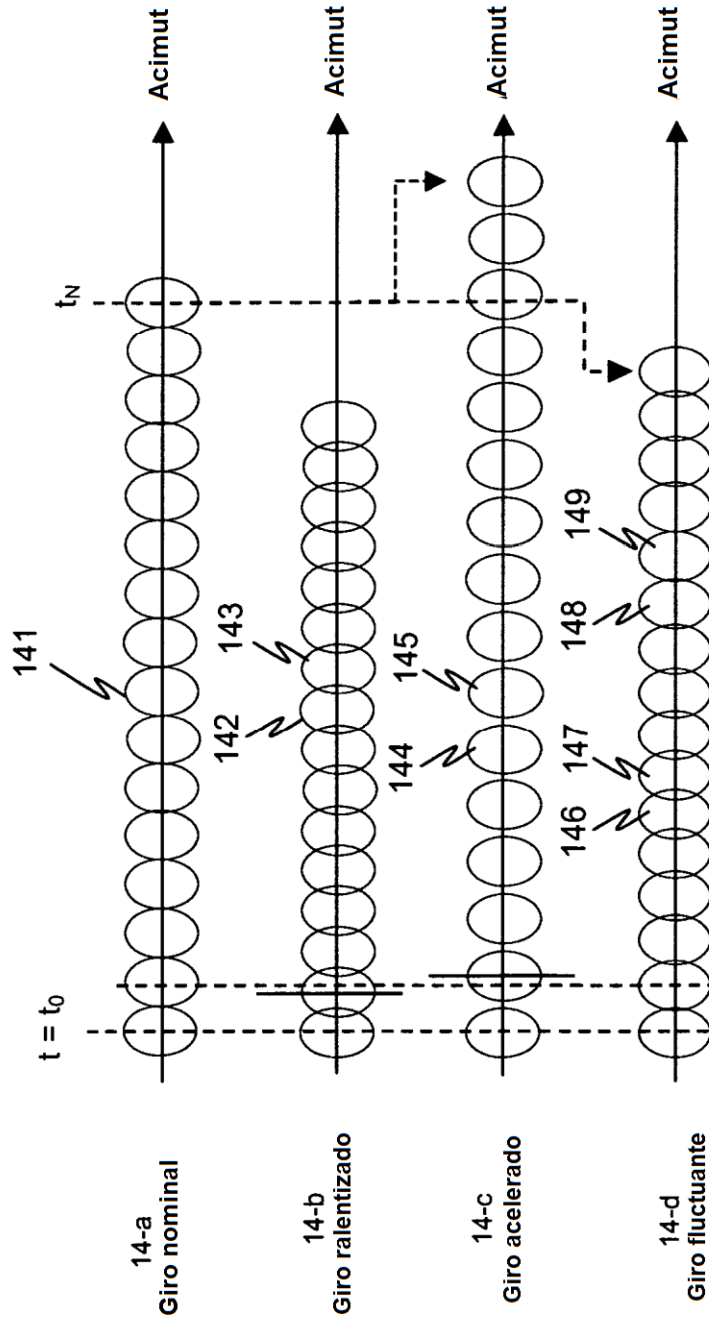


Fig. 14