



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 179**

51 Int. Cl.:
G01S 13/00 (2006.01)
G01S 13/87 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03733736 .7**
96 Fecha de presentación : **13.06.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1514134**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2005**

54 Título: **Método para determinar posiciones de objetivos por mediciones biestáticas utilizando señales dispersadas por los objetivos.**

30 Prioridad: **14.06.2002 SE 0201818**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.06.2011

73 Titular/es: **Totalförsvarets Forskningsinstitut
164 90 Stockholm, ES**

72 Inventor/es: **Herberthson, Magnus**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 362 179 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

Método para determinar posiciones de objetivos por mediciones biestáticas utilizando señales dispersadas por los objetivos.

5 La presente invención se refiere a un método para determinar posiciones de objetivos mediante mediciones biestáticas utilizando señales dispersadas por los objetivos. También pueden ser determinadas las velocidades de los objetivos. El método consiste en un método de asociación biestática rápida que es adecuado para, por ejemplo, una red de estaciones de radar al modo de AASR (Radar de Síntesis de Apertura Asociativa –“Associative Aperture Síntesis Radar”), si bien puede haber campos adicionales de aplicación. El AASR se describe, entre otros documentos, en la Solicitud de Patente publicada WO 02/093192, que se ha publicado después de la fecha de prioridad de la presente Solicitud. En lo que sigue, la descripción se concentrará en el nuevo método de asociación por mediciones biestáticas únicamente.

15 En primer lugar, se presentará el problema fundamental que se resuelve por la invención. Supóngase que se establecen N_s estaciones (por ejemplo, estaciones de radar) en el espacio (\mathbf{R}^3). Las estaciones se designan como s_j , $j = 1, \dots, N_s$ y sus vectores de posición se designan como \mathbf{p}_j , $j = 1, \dots, N_s$. Además de las estaciones, existen también N_t objetivos móviles que se han de detectar. Estos se han designado por t_i , $i = 1, \dots, N_t$, y tienen vectores de posición correspondientes, dependientes del tiempo, $\mathbf{r}_i = \mathbf{r}_i(t)$, $i = 1, \dots, N_t$.

20 Cada estación es capaz de medir distancias (hasta una cierta distancia máxima) y la velocidad radial para cada objetivo. De esta forma, la estación s_j , $1 \leq j \leq N_s$ medirá, en cierto instante de tiempo:

25
$$d_j(k) = |\mathbf{r}_k - \mathbf{p}_j|, \quad k = 1, 2, \dots, N_{dj} \leq N_t$$

$$v_j(k) = (d/dt)|\mathbf{r}_k - \mathbf{p}_j|, \quad k = 1, 2, \dots, N_{dj} \leq N_t$$

30 Para las estaciones que están suficientemente cerca entre sí, se obtiene también información de medición biestática, es decir, de transmisión desde una estación y registro en otra. Para el par de estaciones (s_i, s_j), ello significa que se registra lo siguiente:

35
$$d_{ij}(k) = |\mathbf{r}_k - \mathbf{p}_i| + |\mathbf{r}_k - \mathbf{p}_j| = d_i(k) + d_j(k), \quad k = 1, 2, \dots, \quad N_{dij} \leq N_t$$

$$v_{ij}(k) = (d/dt)|\mathbf{r}_k - \mathbf{p}_i| + (d/dt)|\mathbf{r}_k - \mathbf{p}_j| = v_i(k) + v_j(k), \quad k = 1, 2, \dots, \quad N_{dij} \leq N_t$$

Ha de apreciarse que, con estas designaciones, $d_{ii}(k) = 2d_i(k)$, $v_{ii}(k) = 2v_i(k)$, $i = 1, 2, \dots, k = 1, 2, \dots$

40 Para cada sensor (geometría monoestática o biestática) se registran, por tanto, objetivos por lo que respecta a la distancia y al efecto Doppler. A priori, no es posible conocer qué registro de un sensor está asociado con un cierto registro de otro sensor, es decir, con origen en el mismo objetivo. Si los registros de diferentes sensores se emparejan incorrectamente, aparecen objetivos falsos, objetivos fantasmas. El problema de la asociación consiste en discriminar, entre todas las posibilidades concebibles de combinación de datos de sensor, correspondientes a candidatos a objetivo concebibles, entre combinaciones correctas (objetivos) y combinaciones falsas (fantasmas).

45 Quizá el método más directo es considerar tres estaciones vecinas y sus registros monoestáticos, los cuales, en aras de la simplicidad, se suponen en un número N . Estas mediciones pueden ser combinadas de N^3 maneras diferentes, de tal manera que cada combinación corresponde a una posición de objetivo que se determina hasta reflexión en el plano que contiene las tres estaciones. (Ciertas combinaciones pueden ser incompatibles, al corresponder a falsos candidatos.) Estos $\sim N^3$ candidatos pueden ser entonces comparados uno por uno con las mediciones biestáticas y ser, bien rechazados o bien aceptados. El problema de semejante método es que resultará muy lento si el número de objetivos, N , es grande. Por esta razón, se han venido desarrollando algoritmos de asociación más eficientes.

55 Cada objetivo se ha de determinar con respecto a la posición así como a la velocidad, es decir, se han de situar en un espacio de estado hexadimensional. El número de celdas del espacio de estado puede ser muy grande ($\sim 10^8$), lo que significa que los métodos de proyección tradicionales resultarán irremediablemente lentos.

60 La Solicitud de Patente publicada anterior, número WO 02/093192, divulga un método para acometer el problema de la asociación mediante el diseño de una red de sensores, de tal manera que cada objetivo es registrado por muchos sensores (monoestáticos y biestáticos), es decir, se obtiene un alto grado de redundancia en el sistema. A continuación, el espacio de estado es dividido en un número manejable de celdas relativamente grandes.

65 Si las celdas son justo lo suficientemente grandes, será posible rechazar muchas de ellas, es decir, no pueden contener ningún objetivo por las siguientes razones. Si la celda contiene un objetivo, todos (o casi todos) los posibles sensores que pueden registrar objetivos en la celda en curso en ese momento, indicarán tal registro. Por otra parte,

si la celda está vacía, algunos sensores, y, con todo, no demasiados, seguirán indicando registros (procedentes de otros objetivos) que son compatibles con la celda en cuestión. Debido a la redundancia, un número suficiente de sensores indicarán la celda como vacía, y esta puede ser rechazada. Cuando el número de celdas es reducido de esta forma, las celdas supervivientes se dividen en celda más pequeñas y el procedimiento se repite. El procedimiento es repetido hasta que las celdas del espacio de estado hayan alcanzado el tamaño deseado. A medida que las celdas se hacen más pequeñas, cada vez menos objetivos fantasmas sobrevivirán, de tal manera que, cuando se interrumpe el procedimiento, prácticamente solo quedan objetivos reales. Lo que habla a favor de este método es que utiliza (pero también requiere) la redundancia de la red de sensores. Sin embargo, no queda aún bastante claro cuán rápido puede ser el método en última instancia.

Un método alternativo se divulga en la Solicitud de Patente publicada WO 02/093191, que se ha publicado después de la fecha de prioridad de la presente Solicitud, e implica se que hace uso de ciertas simetrías de los sensores de combinación – datos de medición. Dadas dos estaciones, dos mediciones monoestáticas, conjuntamente con la medición biestática, compartirán una simetría, a saber, que existen tres geometrías de medición que son invariables ante rotación de los objetivos en torno al eje que se extiende a través de las dos estaciones. Esto significa que es posible realizar una rápida segregación inicial de los candidatos y borrar un gran número de asociaciones falsas (fantasmas). La asociación final subsiguiente será entonces significativamente más rápida. Una desventaja, sin embargo, es que las mediciones monoestáticas serán importantes, lo que puede ser desventajoso por lo que respecta al reconocimiento de los objetivos ocultos o que tratan de pasar desapercibidos.

Aún otro método alternativo se divulga en la Patente norteamericana Nº 4.499.468. Las diferencias de las distancias biestáticas en uno de los conjuntos de mediciones se comparan con las diferencias de las distancias biestáticas en otro conjunto de mediciones según una pauta de elemento por elemento, lo que conducirá a una pesada carga de cálculos cuando existan muchos objetivos. Existe también una discusión en cuanto el modo como eliminar los falsos objetivos.

El presente método de acuerdo con la invención se basa en utilizar un método rápido en el que tan solo se utilizan mediciones biestáticas. Por otra parte, el método gestiona un cierto abandono o desechado de sensores de un modo mejor que el método que se ha descrito en el documento WO 02/09319. El método resuelve el problema actual de la asociación al haberse diseñado del modo que resulta evidente de la reivindicación independiente. Realizaciones ventajosas de la invención se definen en las restantes reivindicaciones.

Antes de proporcionar una descripción más detallada de la invención, se contemplará, en primer lugar, una red multiestática de estaciones de radar terrestres en la que cada estación de radar transmite impulsos de radar que son dispersados hacia objetivos en vuelo y son recibidos por las estaciones circundantes. Se tendrá, por tanto, una situación que involucra un elevado número de mediciones biestáticas (esto es, las estaciones transmisora y receptora están ubicadas en diferentes emplazamientos) y también de mediciones monoestáticas que, sin embargo, no se utilizan en la invención. Las mediciones biestáticas contienen información acerca de la distancia total de transmisor-objetivo-receptor e información de efecto Doppler correspondiente. Se ha de crear entonces una imagen de situación aérea coherente a partir de todas estas mediciones. Este problema, el problema de la asociación, no es trivial si existe un gran número de objetivos.

Para una comprensión intuitiva de la invención, se tomará en consideración un caso simple que implica un único objetivo, m_1 , y cuatro estaciones s_1, s_2, s_3, s_4 . Supóngase ahora que se llevan a cabo las mediciones $d_{12}, d_{34}, d_{13}, d_{24}$, donde d_{ij} significa las distancias totales $s_i - m_1 - s_j$. Se apreciará que deberá cumplirse $d_{12} + d_{34} = d_{13} + d_{24}$, puesto que ambas expresiones significan la distancia total desde el objetivo a las cuatro estaciones.

Si existen ahora, en su lugar, N objetivos, la observación anterior puede ser utilizada para asociar correctamente los datos de la siguiente manera. Se forman todas las combinaciones concebibles de datos del tipo d_{12} y d_{34} ; estas serán en un número de N^2 . De la misma manera, se forman N^2 combinaciones de datos del tipo d_{13} y d_{24} . Estas combinaciones son clasificadas u ordenadas y comparadas, y únicamente las sumas de las dos cantidades que sean iguales (con una tolerancia dada) pueden corresponder a objetivos reales. La misma consideración puede ser utilizada por lo que se refiere a las velocidades Doppler, lo que proporciona, por tanto, una segregación adicional. Puede efectuarse de esta forma una asociación rápida y fácil de los datos de medición.

En general, los transmisores y los receptores deben ser emplazados, de manera que el alcance los transmisores ha de escogerse de tal modo que un objetivo en un punto arbitrario dentro del espacio de posiciones pueda ser medido por medio de la dispersión en el objetivo de al menos cuatro pares biestáticos cooperantes de transmisores y receptores. El número de transmisores y de receptores puede ser grande. Se seleccionan al menos cuatro de tales pares en cooperación de entre estos pares biestáticos con el fin de realizar la asociación y la determinación de la distancia.

Sigue a continuación una presentación más sistemática de los cálculos. A fin de obtener una descripción simple, se realizan las siguientes suposiciones (no cruciales). Supóngase que existen cuatro estaciones y N objetivos, todos los cuales son vistos por todos los sensores (monoestáticos así como biestáticos).

Los datos de entrada son, por tanto (mediciones monoestáticas):

$$d_j(k) = |r_k - p_j|, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

$$v_j(k) = (d/dt) |r_k - p_j|, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

y (mediciones biestáticas):

$$d_{ij}(k) = |r_k - p_i| + |r_k - p_j| = d_i(k) + d_j(k), \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

$$v_{ij}(k) = (d/dt) |r_k - p_i| + (d/dt) |r_k - p_j| = v_i(k) + v_j(k), \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

donde $i = j$, en el caso biestático, corresponde a mediciones monoestáticas, es decir, puede suponerse si es deseable que $i \neq j$.

Debe apreciarse que, por ejemplo, para la estación j , con la medición monoestática $d_j(k)$, $k = 1, 2, \dots, N$, no es posible conocer qué medición pertenece a un cierto objetivo, es decir, las mediciones no deben considerarse como un conjunto que constituye una sugerencia clasificada de acuerdo con la distancia. Así, pues, no hay conexión entre un cierto índice k que pertenece a dos registros de sensor diferentes.

El método se basa ahora en la siguiente observación: Para cada objetivo registrado (no candidato, sino objetivo real), debe existir una k , una k' , una l y una l' , todas ellas entre 1 y N , de tal manera que:

$$d_{12}(k) + d_{34}(l) = d_{13}(k') + d_{24}(l')$$

Para las mismas k, k', l, l' , lo que sigue también es aplicable:

$$v_{12}(k) + v_{34}(l) = v_{13}(k') + v_{24}(l')$$

La razón es que si el objetivo tiene el vector especial r_t , puede aplicarse para el objetivo que:

$$d_{12}(k) + d_{34}(l) = |r_t - p_1| + |r_t - p_2| + |r_t - p_3| + |r_t - p_4|$$

y, de la misma forma, que:

$$d_{13}(k) + d_{24}(l) = |r_t - p_1| + |r_t - p_3| + |r_t - p_2| + |r_t - p_4|$$

de tal manera que son iguales. El argumento para las velocidades es idéntico. El método sugerido es, ahora, como sigue:

Etapla 1. Formar las N^2 sumas:

$$d_{12}(k) + d_{34}(l), \quad 1 \leq l, \quad k \leq N$$

Ordenarlas de acuerdo con la distancia total y designarlas:

$$d_{12+34}(m), \quad 1 \leq m \leq N^2$$

Etapla 2. Proceder de la misma manera con:

$$d_{13}(k') + d_{24}(l') \quad 1 \leq l', \quad k' \leq N$$

de tal manera que se obtendrá (ordenará) también lo que sigue:

$$d_{13+24}(m'), \quad 1 \leq m' \leq N^2$$

Etapla 3. Asociar objetivos procedentes de $\{d_{12+34}(m)\}_{m=1,2,\dots,N^2}$ con objetivos procedentes de $\{d_{13+24}(m')\}_{m'=1,2,\dots,N^2}$ si:

$$|d_{12+34}(m) - d_{13+24}(m')| < \text{tolerancia adecuada}$$

Etapla 4. Investigar, y mantener los objetivos asociados si estos también satisfacen:

$$|v_{12+34}(m) - v_{13+24}(m')| < \text{tolerancia adecuada}$$

5 La “tolerancia adecuada” de la Etapa 3 se determina, entre otros, por la anchura de banda de la señal transmitida, por el propósito del tratamiento y por las hipótesis sobre el tamaño y el número de los objetivos. Por lo común, esta se encuentra comprendida entre aproximadamente 1 metro y unos veinte o treinta metros. De forma correspondiente, la “tolerancia adecuada” de la Etapa 4 es normalmente de unos pocos metros / segundo.

10 Con el fin de concluir que esto tiene realmente como resultado un método rápido, puede utilizarse la siguiente estimación aproximada. Supóngase que existen muchos objetivos, de tal manera que se dan en la misma magnitud que el número de observaciones de distancia y que el número de observaciones de efecto Doppler. Este número común es de nuevo designado por N. Puede estimarse entonces que, puesto que el número total de celdas (= número de observaciones de distancia por número de observaciones de efecto Doppler) es el mismo que el número de candidatos en, por ejemplo, $\{d_{12+34}(m)\}_{m=1,2,\dots,N^2}$, cada uno de dichos candidatos estará emparejado, típicamente, con un candidato falso procedente de $\{d_{13+24}(m')\}_{m'=1,2,\dots,N^2}$, el número de candidatos de acuerdo con el anterior procedimiento es, por tanto, $\sim N^2$ (menor con un número menor de objetivos), lo que constituye una gran reducción en comparación con N^3 . Puede tener lugar entonces un procesamiento o tratamiento comparando con la restante geometría biestática $\{d_{13+24}(m')\}_{m'=1,2,\dots,N^2}$, las mediciones monoestáticas o las mediciones que implican otras estaciones.

25 Debe apreciarse también que es posible implicar $\{d_{14+23}(m'')\}_{m''=1,2,\dots,N^2}$ desde el principio. Esto proporciona una posibilidad de tener una redundancia, es decir, una posibilidad de gestionar un cierto abandono o desechado de registros, de la siguiente manera. La condición de que $|d_{12+34}(m) - d_{13+24}(m')| < \text{“tolerancia adecuada”}$ puede ser tratada como si tanto $d_{12+34}(m)$ como $d_{13+24}(m')$ tuviesen que estar próximos a un cierto valor dado. Al requerir, en lugar de ello, que dos de entre $d_{12+34}(m)$, $d_{13+24}(m')$ y $d_{14+23}(m'')$ tengan que ser cercanos al valor indicado (para algunos valores de m, m' y m''), existirá aún una discriminación entre los falsos candidatos (fantasmas) y los objetivos. Sin embargo, puede aceptarse que una de las mediciones sea desechada.

30 Los cálculos requieren, en su totalidad, $O(N^2 \log N)$ operaciones, y existen métodos sencillos para obtener realmente la posición y la velocidad de los candidatos; es decir, tras el tratamiento, se conocen cuatro distancias biestáticas para un cierto candidato, de la forma que sigue:

$$\begin{aligned}
 35 \quad |r - p_1| + |r - p_2| &= d_{12} \\
 & \quad \quad \quad |r - p_3| + |r - p_4| = d_{34} \\
 |r - p_1| + & \quad \quad \quad |r - p_3| &= d_{13} \\
 40 \quad & \quad \quad |r - p_2| + & \quad \quad |r - p_4| &= d_{24}
 \end{aligned}$$

45 Por supuesto, es interesante conocer el valor de r (posición del objetivo), es decir, un método para resolver el anterior sistema de ecuaciones. (p_i , $i = 1, 2, 3, 4$ son las posiciones / vectores de posición conocidos de las estaciones y d_{12} , d_{34} , d_{13} y d_{24} son las distancias biestáticas medidas.) Desde un punto de vista general, las intersecciones de elipsoides dan lugar a sistemas de ecuaciones algebraicas relativamente complicados, pero, en este caso, el sistema de ecuaciones puede ser resuelto por métodos más simples.

50 Si el sistema de ecuaciones se considera como un sistema 4 x 4, es obvio que es degenerado. Al mismo tiempo, la condición $d_{12} + d_{34} = d_{13} + d_{24}$ garantiza que existe una solución paramétrica. Si se selecciona el origen de coordenadas en p_4 , de tal forma que $|r - p_4| = |r| = r$, y se introduce r como parámetro, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 |r - p_1| &= d_{12} - d_{24} + r \\
 55 \quad |r - p_2| &= d_{24} - r \\
 |r - p_3| &= d_{34} - r
 \end{aligned}$$

60 Es aquí posible elevar al cuadrado las tres ecuaciones, en cuyo caso puede eliminarse r^2 y obtener lo siguiente (para unos ciertos a, b, c, α , β , γ):

$$\begin{aligned}
 r \cdot p_1 &= ar + \alpha \\
 r \cdot p_2 &= br + \beta
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{r} \cdot \mathbf{p}_3 = c\mathbf{r} + \gamma$$

5 Este último sistema de ecuaciones puede ser entonces resuelto de un modo bastante directo. Sin embargo, habrá dos casos diferentes dependiendo de si $\{\mathbf{p}_j\}_{j=1,2,3}$ es linealmente dependiente o no.

El caso de las velocidades es similar, y se obtendrá el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \hat{u}_1 \cdot \bar{v} + \hat{u}_2 \cdot \bar{v} &= v_{12} \\ \hat{u}_3 \cdot \bar{v} + \hat{u}_4 \cdot \bar{v} &= v_{34} \\ \hat{u}_1 \cdot \bar{v} + \hat{u}_3 \cdot \bar{v} &= v_{13} \\ \hat{u}_2 \cdot \bar{v} + \hat{u}_4 \cdot \bar{v} &= v_{24} \end{aligned}$$

10 donde $\hat{u}_i = \frac{\bar{r} - \bar{r}_i}{|\bar{r} - \bar{r}_i|}$, $\bar{v} = \dot{\bar{r}}$, $i = 1, 2, 3, 4$. El sistema de ecuaciones puede ser tratado de la misma manera fundamental que el sistema previo de ecuaciones.

15 La invención puede ser implementada en lenguajes de alto nivel que son adecuados para cálculos, tales como MatLab, C, Pascal, Fortran, etc.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para determinar las posiciones de objetivos en un espacio de posiciones utilizando señales dispersadas por los objetivos, que comprende utilizar un número, repartido en puntos conocidos del espacio de posiciones, de transmisores y receptores de señales electromagnéticas o acústicas, de tal modo que se hace referencia a cada par biestático de transmisor y receptor como instalación de medición, el cual comprende adicionalmente el análisis de las señales recibidas, que incluye determinar instantes de tiempo de transmisión y de recepción de acuerdo con principios generalmente aceptados de radar y la parametrización de las señales recibidas en función del recorrido o camino de propagación entre el punto de transmisión y el punto de recepción, pero sin el requisito convencional del radar de información direccional, de tal manera que las posiciones de objetivo se determinan, primariamente, seleccionando la posición de los transmisores y receptores y el alcance de detección de las instalaciones de medición de tal modo que un objetivo situado en un punto arbitrario dentro del espacio de posiciones puede ser medido por dispersión en el objetivo por parte de al menos cuatro instalaciones de medición en cooperación; seleccionando un número par de instalaciones de medición en cooperación, que son, sin embargo, al menos 4 para la determinación; asociando mediciones de objetivo mediante el cálculo, de dos maneras independientes, de dos conjuntos de sumas de distancias entre los puntos de transmisión y los objetivos, y, respectivamente, entre los objetivos y los puntos de recepción, basándose en distancias biestáticas, medidas a través de los objetivos, para instalaciones de medición seleccionadas, caracterizado por clasificar u ordenar dichas dos sumas por lo que respecta a la distancia, comparando estas una con otra y estableciendo que las sumas, calculadas de las dos maneras diferentes, que se corresponden entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que se ha determinado por adelantado, se establecen de manera que correspondan a objetivos concebibles; y calculando las posiciones de los objetivos con respecto a un sistema de ecuaciones para las distancias medidas biestáticamente, mejorando y completando la asociación de mediciones de objetivo mediante la realización de cálculos para velocidades Doppler medidas biestáticamente, correspondientes a cálculos para distancias, y estableciendo que las sumas, calculadas de las dos maneras diferentes, que se corresponden una con otra, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, se establecen de manera que se correspondan con los objetivos.
- 2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por mejorar la asociación de mediciones de objetivo al calcular la suma de todas las distancias entre los objetivos y los puntos de transmisión y los puntos de recepción, respectivamente, de una tercera manera, como la suma de distancias medidas biestáticamente a través del objetivo para instalaciones de medición, clasificar u ordenar la suma con respecto a la distancia, comparar esta con sumas previamente calculadas de distancias, y establecer que los casos en que dos de las tres sumas, calculadas de dichas maneras diferentes, se corresponden entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, se establecen para corresponderse con los objetivos.
- 3.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por mejorar la asociación de mediciones de objetivo calculando la suma de todas las velocidades Doppler entre los objetivos y los puntos de transmisión y los puntos de recepción, respectivamente, de una tercera manera, como la suma de velocidades Doppler medidas biestáticamente a través del objetivo para las instalaciones de medición, clasificar u ordenar la suma con respecto a la velocidad Doppler, comparar esta con sumas previamente calculadas de velocidades Doppler, y establecer que los casos en que dos de las tres sumas, calculadas de dichas maneras diferentes, se corresponden entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, se establecen para corresponderse con los objetivos.
- 4.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2 o la reivindicación 3, caracterizado por mejorar la asociación de mediciones de objetivo al requerir que las tres sumas, calculadas de dichas maneras diferentes, se correspondan entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, para los objetivos que se han de indicar.
- 5.- Un método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por calcular las velocidades de los objetivos a partir de un sistema de ecuaciones para las velocidades Doppler medidas biestáticamente.
- 6.- Un sistema para determinar posiciones de objetivos en un espacio de posiciones utilizando señales dispersadas desde los objetivos, que comprende un número, repartido en puntos conocidos del espacio de posiciones, de transmisores y receptores de señales electromagnéticas o acústicas, de tal modo que se hace referencia a cada par biestático de transmisor y receptor como instalación de medición, el cual comprende adicionalmente equipo de análisis para almacenar y analizar las señales recibidas, que incluye determinar instantes de tiempo de transmisión y de recepción de acuerdo con principios generalmente aceptados de radar y la parametrización de las señales recibidas en función del recorrido o camino de propagación entre el punto de transmisión y el punto de recepción, pero sin el requisito convencional del radar de información direccional, de tal manera que las posiciones de objetivo se determinan, primariamente, por la posición de los transmisores y receptores y el alcance de detección de las instalaciones de medición, que se han seleccionado de tal modo que un objetivo situado en un punto arbitrario dentro del espacio de posiciones puede ser medido por dispersión en el objetivo por parte de al menos cuatro instalaciones de medición en cooperación; seleccionando, por parte del equipo de análisis, un número par de

- instalaciones de medición en cooperación, que son, sin embargo, al menos 4 para la determinación; asociando, por parte del equipo de análisis, mediciones de objetivo mediante el cálculo, de dos maneras independientes, de dos conjuntos de sumas de distancias entre los puntos de transmisión y los objetivos, y, respectivamente, entre los objetivos y los puntos de recepción, basándose en distancias biestáticas, medidas a través de los objetivos, para instalaciones de medición seleccionadas, caracterizado por clasificar u ordenar dichas dos sumas por lo que respecta a la distancia, comparando estas una con otra y estableciendo que las sumas, calculadas de las dos maneras diferentes, que se corresponden entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que se ha determinado por adelantado, se establecen de manera que correspondan a objetivos concebibles, y calculando, por parte del equipo de análisis, las posiciones de los objetivos con respecto a un sistema de ecuaciones para las distancias medidas biestáticamente, mejorando y completando, por parte del equipo de análisis, la asociación de mediciones de objetivo mediante la realización de cálculos para velocidades Doppler medidas biestáticamente, correspondientes a los cálculos para las distancias, y estableciendo que las sumas, calculadas de las dos maneras diferentes, que se corresponden una con otra, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, se establecen de manera que se correspondan con los objetivos.
- 5
10
15
- 7.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que el equipo de análisis mejora la asociación de mediciones de objetivo al calcular la suma de todas las distancias entre los objetivos y los puntos de transmisión y los puntos de recepción, respectivamente, de una tercera manera, como la suma de distancias medidas biestáticamente a través del objetivo para instalaciones de medición, clasificando u ordenando la suma con respecto a la distancia, comparando esta con sumas previamente calculadas de distancias, y estableciendo que los casos en que dos de las tres sumas, calculadas de dichas maneras diferentes, se corresponden entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, se establecen para corresponderse con los objetivos.
- 20
- 8.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que el equipo de análisis la asociación de mediciones de objetivo calculando la suma de todas las velocidades Doppler entre los objetivos y los puntos de transmisión y los puntos de recepción, respectivamente, de una tercera manera, como la suma de velocidades Doppler medidas biestáticamente a través del objetivo para las instalaciones de medición, clasificar u ordenar la suma con respecto a la velocidad Doppler, comparar esta con sumas previamente calculadas de velocidades Doppler, y establecer que los casos en que dos de las tres sumas, calculadas de dichas maneras diferentes, se corresponden entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, se establecen para corresponderse con los objetivos.
- 25
30
- 9.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizado por que el equipo de análisis mejora la asociación de mediciones de objetivo al requerir que las tres sumas, calculadas de dichas maneras diferentes, se correspondan entre sí, al tiempo que se considera un margen de error que ha sido determinado por adelantado, para los objetivos que se han de indicar.
- 35
- 10.- Un método de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que el equipo de análisis calcula las velocidades de los objetivos a partir de un sistema de ecuaciones para las velocidades Doppler medidas biestáticamente.
- 40