

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 528**

51 Int. Cl.:

**G01S 11/02** (2010.01)

**G01S 5/12** (2006.01)

**G01S 5/02** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2016 PCT/EP2016/081069**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17102884**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2016 E 16809110 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3391077**

54 Título: **Procedimiento de localización de fuentes de emisión de impulsos electromagnéticos en un entorno que comprende reflectores**

30 Prioridad:

**15.12.2015 FR 1502593**

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

**29.05.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JAHAN, DANIEL;  
GIACOMETTI, ROMAIN y  
CORNU, CÉDRIC**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 763 528 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 localización de fuentes de emisión de impulsos electromagnéticos en un entorno que comprende reflectores

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de localización de al menos dos fuentes de emisión de impulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo el entorno al menos dos reflectores, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- 10 - recepción, por un detector, para cada fuente que se debe localizar, durante un tiempo de funcionamiento del detector, de al menos un mismo impulso emitido, por una parte recibido directamente de dicha fuente y por otra parte recibido por reflexión en uno de los reflectores,  
 - medida de la dirección de llegada, de la fecha de llegada y de al menos una característica invariante de cada impulso recibido.

15

**[0002]** La localización de una fuente consiste en determinar la dirección y la distancia de la fuente con respecto a un punto de referencia. Dicha localización se basa generalmente en un principio de multiestadismo que consiste en observar la fuente desde diferentes ángulos.

20 **[0003]** Para localizar una fuente, un procedimiento conocido, que usa el principio de la triangulación, consiste en medir la dirección de llegada de los impulsos emitidos por la fuente por medio de varios detectores, deslocalizados unos de otros. La triangulación es una técnica que permite determinar la posición de un punto midiendo los ángulos entre este punto y otros puntos de referencia cuya posición es conocida.

25 **[0004]** Sin embargo, dicho procedimiento impone el uso de una red de detectores y así necesariamente un sistema de coordinación de los detectores de la red, lo que además del coste relacionado con el número de detectores excluye la posibilidad de trabajar con un único detector.

30 **[0005]** Se ha desarrollado igualmente un procedimiento de localización que consiste en disponer un único detector en un soporte que tiene una velocidad de desplazamiento relativamente elevada con respecto a la fuente que se debe localizar. Dicho desplazamiento relativo permite obtener un conjunto de direcciones de llegada en el tiempo, cuyo punto de concurrencia es el lugar en el que se sitúa la fuente.

35 **[0006]** Sin embargo, la obtención de un desplazamiento relativo impone un soporte especialmente veloz con respecto a las fuentes que se deben localizar, lo que hace que el procedimiento no esté adaptado en el caso de una fuente en desplazamiento.

**[0007]** Otro procedimiento conocido se basa en la medida de las diferencias de tiempo de paso de lóbulo de antena (abreviado como DTPLA).

40

**[0008]** No obstante, dichas medidas suponen que se ha de conocer la velocidad de rotación del lóbulo de antena y por tanto realizar barridos circulares, lo que implica una adquisición relativamente lenta.

45 **[0009]** Se conoce también el uso de la diferencia de tiempo de llegada (abreviado como TDOA) de una misma señal que llega a dos puntos de recepción diferentes para localizar una fuente. Dicha diferencia de tiempo permite determinar el lugar geométrico en el que se sitúa la fuente.

**[0010]** Sin embargo, en este caso se requieren todavía al menos dos detectores, lo que excluye la posibilidad de trabajar con un único detector.

50

**[0011]** Se conocen igualmente procedimientos que combinan medidas de TDOA y de DTPLA a partir de un único detector.

55 **[0012]** Por el contrario, como se ha explicado anteriormente, las medidas de DTPLA exigen barridos circulares, lo que es al mismo tiempo lento e incierto.

**[0013]** Los documentos US-2011/0140966-A, EP-2.428.810-A y US-2015/0323642-A describen ejemplos de procedimientos de localización de fuentes.

60 **[0014]** Así pues, existe la necesidad de un procedimiento de localización de fuentes a partir de un único detector cuasiestático con respecto a las fuentes que se deben localizar.

**[0015]** Para este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de localización del tipo citado anteriormente, en el que el procedimiento comprende, además, las etapas de:

65

- identificación, entre los impulsos recibidos, de los impulsos recibidos directamente y de los impulsos recibidos en reflexión,
- agrupación por pares de impulsos recibidos directamente con impulsos recibidos en reflexión, teniendo los impulsos de cada par las mismas características invariantes y direcciones de llegada diferentes,
- 5 - cálculo, para cada par, de la diferencia entre la fecha de llegada del impulso recibido por reflexión con respecto a la fecha de llegada del impulso recibido directamente, y
- determinación de la distancia de cada fuente al detector a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas y de las direcciones de llegada de los impulsos de cada par.

10 **[0016]** Según formas de implementación en concreto, el procedimiento de localización comprende una o varias de las características siguientes, tomadas de forma aislada o según todas las combinaciones posibles técnicamente:

- 15 - el tiempo de funcionamiento está formado por franjas de tiempo de duraciones idénticas, comprendiendo el procedimiento la definición de una duración deslizando al menos igual al tiempo de una franja de tiempo, implementándose las etapas de identificación y de agrupación en la duración deslizando, de manera que los impulsos de cada par pertenecen a una misma franja de tiempo.
- el procedimiento comprende, además, para cada franja de tiempo, una etapa de clasificación de los impulsos recibidos en función de la dirección de llegada y de las características invariantes de cada impulso para obtener subseries de impulsos, teniendo los impulsos de cada subserie direcciones de llegada iguales y características invariantes iguales, de manera que los impulsos de cada subserie se agrupan en un mismo par durante la etapa de agrupación.
- 20 - la etapa de medida comprende, además, la determinación, en las subseries sucesivas de cada duración deslizando de la potencia máxima entre las potencias de los impulsos de las subseries que tienen direcciones de llegada iguales, características invariantes iguales y que pertenecen a una misma duración deslizando, estando los impulsos recibidos directamente y los impulsos recibidos en reflexión identificados, para cada subserie de impulsos, por comparación de la potencia máxima determinada para dicha subserie con respecto a al menos dos umbrales.
- 25 - los impulsos de las subseries asociadas a dicha potencia máxima se identifican como recibidos directamente cuando la potencia máxima es superior o igual a un primer umbral y los impulsos de las subseries asociadas a dicha potencia máxima se identifican como recibidos en reflexión cuando la potencia máxima es estrictamente inferior a un segundo umbral, siendo el segundo umbral inferior o igual al primer umbral.
- 30 - la etapa de determinación comprende la reunión de pares en duraciones predeterminadas para formar grupos de dos pares, de tres pares o de cuatro pares, siendo el número de pares por grupo igual al número de direcciones de llegadas diferentes que corresponden a los impulsos recibidos en la duración predeterminada, estando la distancia de cada fuente al detector determinada a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas para los pares de cada grupo y de las direcciones de llegada de los impulsos de los pares de cada grupo, comprendiendo cada grupo de dos pares:
  - o un primer par de impulsos de características invariantes iguales a una primera característica invariante, de direcciones de llegada diferentes, y
  - 40 o un segundo par de impulsos de características invariantes iguales a una segunda característica invariante y de iguales direcciones de llegada diferentes,

comprendiendo cada grupo de tres pares:

- 45 o un primer par de impulsos de características invariantes iguales a una primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a una primera y a una segunda dirección de llegada diferentes entre sí,
- o un segundo par de impulsos de características invariantes iguales a la primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a la primera y a una tercera dirección de llegada, siendo la
- 50 tercera dirección de llegada diferente de la primera y de la segunda dirección de llegada, y
- o un tercer par de impulsos de características invariantes iguales a una segunda característica invariante diferente de la primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a la segunda y a la tercera dirección de llegada,

55 comprendiendo cada grupo de cuatro pares:

- o un primer par de impulsos de características invariantes iguales a una primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a una primera y a una segunda dirección de llegada diferentes entre sí,
- 60 o un segundo par de impulsos de características invariantes iguales a la primera característica invariante de direcciones de llegada iguales respectivamente a la primera y a una tercera dirección de llegada, siendo la tercera dirección de llegada diferente de la primera y de la segunda dirección de llegada,
- o un tercer par de impulsos de características invariantes iguales a una segunda característica invariante diferente de la primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a la tercera y a una cuarta dirección de llegada, siendo la cuarta dirección de llegada diferente de la primera, de la segunda
- 65 y a una cuarta dirección de llegada, siendo la cuarta dirección de llegada diferente de la primera, de la segunda

y de la tercera dirección de llegada, y

- o un cuarto par de impulsos de características invariantes iguales a la segunda característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a la tercera y a la cuarta dirección de llegada.

5 - cada grupo permite determinar las distancias respectivas de dos de las fuentes que se deben localizar al detector, calculándose dichas distancias:

- o para cada grupo de dos pares de impulsos a partir de las ecuaciones siguientes:

$$\begin{cases} d_1 = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ d_2 = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} \end{cases}$$

10

- o para cada grupo de tres pares de impulsos a partir de las ecuaciones siguientes:

$$\begin{cases} \frac{\Delta_{S_1/E_1}^2 + 2\Delta_{S_1/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_1/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_1}))} = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ d_2 = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} \end{cases}$$

15

- o

$$\begin{cases} d_1 = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} = \frac{\Delta_{S_2/E_2}^2 + 2\Delta_{S_2/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_2/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_2}))} \end{cases}$$

20

- o para cada grupo de cuatro pares de impulsos a partir de las ecuaciones siguientes

$$\begin{cases} \frac{\Delta_{S_1/E_1}^2 + 2\Delta_{S_1/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_1/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_1}))} = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} = \frac{\Delta_{S_2/E_2}^2 + 2\Delta_{S_2/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_2/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_2}))} \end{cases}$$

en las que

- $\Delta_{S_1/E_1} = c \cdot T_{S_1/E_1}$ ,  $\Delta_{S_2/E_2} = c \cdot T_{S_2/E_2}$ ,  $\Delta_{S_1/E_2} = c \cdot T_{S_1/E_2}$ ,  $\Delta_{S_2/E_1} = c \cdot T_{S_2/E_1}$
- $d_1$  es la distancia de la primera fuente  $E_1$  al detector,
- $d_2$  es la distancia de la segunda fuente  $E_2$  al detector,
- $c$  es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas,
- $T_{S_1/E_1}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en un primer reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la primera fuente,
- $T_{S_2/E_2}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en un segundo reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la segunda fuente,
- $T_{S_1/E_2}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en el primer reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la segunda fuente,
- $T_{S_2/E_1}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en el segundo reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la primera fuente,

- $\alpha_{E_2S_2}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el segundo reflector visto desde el detector,
- $\alpha_{E_1S_1}$  es la desviación angular entre la primera fuente y el primer reflector visto desde el detector,
- $\alpha_{E_2S_1}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector, y
- $\alpha_{E_1S_2}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector,

5

- la etapa de determinación comprende el cálculo de un histograma, para cada par, a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas para dicho par y la determinación de un retardo principal de los impulsos recibidos en reflexión con respecto a los impulsos recibidos directamente a partir del histograma calculado, siendo las diferencias de fecha de llegada de las ecuaciones anteriores iguales respectivamente a uno de los retardos principales determinados.

10

- las características invariantes de cada impulso comprenden al menos una de las características entre: la anchura del impulso, la frecuencia portadora del impulso y la modulación intrainpulso intencionada.

**[0017]** La invención se refiere también a un detector de localización de al menos dos fuentes de emisión de impulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo el entorno al menos dos reflectores, siendo el detector capaz de implementar las etapas del procedimiento tal como se define anteriormente.

15

**[0018]** Se desprenderán otras características y ventajas de la invención a partir de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación de realizaciones de la invención, dadas a modo de ejemplo exclusivamente y en referencia a los dibujos que son:

20

- figura 1, una vista esquemática de un ejemplo de una fuente que se debe localizar, de un reflector y de un detector configurado para localizar la fuente,

25

- figura 2, una vista esquemática de un ejemplo de una primera configuración de dos fuentes que se deben localizar y de dos reflectores, estando cada fuente colocalizada con un reflector,

- figura 3, una vista esquemática de un ejemplo de una segunda configuración de dos fuentes que se deben localizar y de dos reflectores, estando una de las fuentes colocalizada con un reflector,

- figura 4, una vista esquemática de otro ejemplo de una segunda configuración de dos fuentes que se deben localizar y de dos reflectores,

30

- figura 5, una vista esquemática de un ejemplo de una tercera configuración de dos fuentes que se deben localizar y de dos reflectores, de manera que las fuentes no están colocalizadas con los reflectores,

- figura 6, una vista esquemática y funcional del detector de la figura 1, y

- figura 7, un organigrama de un ejemplo de implementación de un procedimiento de localización de fuentes.

**[0019]** A continuación se describe un principio general de implementación de la invención, basándose en la figura 1.

35

**[0020]** La figura 1 ilustra una fuente de emisión  $E_i$ , un reflector  $S_k$  y un detector R, que forman los tres puntos de un triángulo biestático  $E_iRS_k$ . La distancia  $E_iR$  entre la fuente  $E_i$  y el detector R se denota como  $d_i$  en la figura 1 y en lo sucesivo en la descripción.

40

**[0021]** Cada fuente de emisión  $E_i$  es, por ejemplo, una fuente de emisión de radar, es decir, una fuente de emisiones electromagnéticas moduladas, y más en particular moduladas por impulsos. Cada fuente  $E_i$  está dispuesta, por ejemplo, en el mar en barcos deslocalizados unos de otros.

45

**[0022]** Un objeto de la invención es localizar las fuentes  $E_i$  por medio de un único detector de radares R colocado a distancia de las fuentes  $E_i$ , como se ilustra mediante la figura 1.

**[0023]** El detector de radares R recibe la señal  $x_{E_i}$  correspondiente al impulso emitido por la fuente  $E_i$  directamente, es decir, después de haber recorrido el camino  $E_iR$ . Esta señal se caracteriza por características  $\alpha_{E_i}$ , una fecha de llegada  $t_{E_i}$  y una dirección de llegada  $\theta_{E_i}$  medidas por el detector R.

50

**[0024]** El detector de radares R recibe igualmente la señal  $x_{S_k/E_i}$  correspondiente al mismo impulso emitido por la fuente  $E_i$  y reflejado en el reflector  $S_k$ , es decir, después de haber recorrido el camino  $E_iS_k + S_kR$ . Esta señal se caracteriza por características  $\alpha_{S_k/E_i}$ , una fecha de llegada  $t_{S_k/E_i}$  y una dirección de llegada  $\theta_{S_k}$  medidas por el detector R.

55

**[0025]** Así, para la fuente  $E_i$  y el reflector  $S_k$ , el detector R recibe las dos señales:  $x_{E_i}(\alpha_{E_i}, \theta_{E_i}, t_{E_i})$  y  $x_{S_k/E_i}(\alpha_{S_k/E_i}, t_{S_k/E_i}, \theta_{S_k})$ .

60

**[0026]** A partir de las señales  $x_{E_i}(\alpha_{E_i}, \theta_{E_i}, t_{E_i})$  y  $x_{S_k/E_i}(\alpha_{S_k/E_i}, t_{S_k/E_i}, \theta_{S_k})$ , el detector R deduce la diferencia de tiempo de llegada  $T_{S_k/E_i}$  y la diferencia de direcciones de llegada  $\alpha_{E_iS_k}$  entre el impulso recibido directamente y el impulso recibido en reflexión a partir de una misma emisión, con lo que:  $T_{S_k/E_i} = t_{S_k/E_i} - t_{E_i}$  y  $\alpha_{E_iS_k} = \theta_{E_i} - \theta_{S_k}$ .

**[0027]** La diferencia de trayectorias  $E_iS_k + S_kR - d_i = c \cdot T_{S_k/E_i}$  recibe el nombre la distancia biestática asociada y

65

se denota como  $\Delta_{S_k/E_i}$ . Dicha expresión permite obtener la expresión siguiente de la distancia  $E_i S_k$  entre la fuente  $E_i$  y el reflector  $S_k$ :

$$E_i S_k = \Delta_{S_k/E_i} + d_i - S_k R \quad (1)$$

5 **[0028]** La aplicación del teorema del coseno al triángulo  $E_i R S_k$  permite escribir la ecuación siguiente:

$$E_i S_k^2 = S_k R^2 + d_i^2 - 2d_i \cdot S_k R \cdot \cos(\alpha_{E_i S_k}) \quad (2)$$

**[0029]** Eliminando el término  $E_i S_k$  de las expresiones (1) y (2), se obtiene la expresión siguiente de la distancia  
10  $S_k R$  entre el reflector  $S_k$  y el detector R:

$$S_k R = \frac{\Delta_{S_k/E_i}^2 + 2\Delta_{S_k/E_i} \cdot d_i}{2\Delta_{S_k/E_i} + 2d_i(1 - \cos(\alpha_{E_i S_k}))} \quad (3)$$

**[0030]** En el caso de empleo de un único detector R, la resolución del problema de localización a partir de  
15 medidas de dirección de llegada y de tiempo de llegada se basa en el hecho de que la zona estudiada incluye como mínimo dos fuentes  $E_i$  no colocalizadas entre sí,  $E_1$  y  $E_2$ , y dos reflectores  $S_k$  igualmente no colocalizados entre sí,  $S_1$  y  $S_2$ . Por el contrario es aceptable disponer de una o varias colocalizaciones de una fuente  $E_i$  con un reflector  $S_k$ . Dos elementos se consideran «colocalizados» cuando se confunden entre sí.

20 **[0031]** A partir de dos fuentes y de dos reflectores, existen así cuatro configuraciones posibles. Estas configuraciones se ilustran en las figuras 2 a 5.

**[0032]** En particular, la figura 2 ilustra una primera configuración en la que las dos fuentes no están  
colocalizadas y cada fuente está colocalizada con un reflector. La primera configuración de la figura 2 comprende dos  
25 triángulos biestáticos no degenerados  $E_1 R S_2$  y  $E_2 R S_1$  y dos triángulos biestáticos degenerados  $E_1 R S_1$  y  $E_2 R S_2$ . Un triángulo se dice degenerado cuando se limita a un segmento.

**[0033]** Las figuras 3 y 4 ilustran, cada una, una segunda configuración en la que las dos fuentes no están  
colocalizadas entre sí y una única fuente está colocalizada con un reflector. La segunda configuración de la figura 3  
30 comprende tres triángulos biestáticos no degenerados  $E_1 R S_1$ ,  $E_1 R S_2$  y  $E_2 R S_1$  y un triángulo biestático degenerado  $E_2 R S_2$ . La segunda configuración de la figura 4 comprende tres triángulos biestáticos no degenerados  $E_2 R S_2$ ,  $E_1 R S_2$  y  $E_2 R S_1$  y un triángulo biestático degenerado  $E_1 R S_1$ .

**[0034]** La figura 5 ilustra una tercera configuración en la que las fuentes y los reflectores no están colocalizados  
35 entre sí. La tercera configuración de la figura 5 comprende cuatro triángulos biestáticos no degenerados  $E_1 R S_1$ ,  $E_2 R S_2$ ,  $E_1 R S_2$  y  $E_2 R S_1$ .

**[0035]** La aplicación de la relación (3) a cada triángulo biestático posible suministra cuatro expresiones:

40 Triángulo  $E_1 R S_1 \Rightarrow S_1 R = \frac{\Delta_{S_1/E_1}^2 + 2\Delta_{S_1/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_1/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1 S_1}))} \quad (4.1)$

Triángulo  $E_1 R S_2 \Rightarrow S_2 R = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2}))} \quad (4.2)$

45 Triángulo  $E_2 R S_1 \Rightarrow S_1 R = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2 S_1}))} \quad (4.3)$

Triángulo  $E_2 R S_2 \Rightarrow S_2 R = \frac{\Delta_{S_2/E_2}^2 + 2\Delta_{S_2/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_2/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2 S_2}))} \quad (4.4)$

**[0036]** Las expresiones (4.1) a (4.4) solo tienen sentido completo para la tercera configuración. De hecho, las  
50 expresiones relativas a los triángulos biestáticos degenerados no tienen sentido debido a los valores nulos que corresponden a las medidas de la distancia biestática  $\Delta_{S_k/E_i}$  y de la diferencia de ángulo de llegada entre la fuente y

el reflector  $\alpha_{EiSk}$ .

**[0037]** En el caso de la tercera configuración, la igualdad de las expresiones (4.1) y (4.3) y la de las expresiones (4.2) y (4.4) permite obtener las ecuaciones siguientes:

$$S_1 R = \frac{\Delta_{S_1/E_1}^2 + 2\Delta_{S_1/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_1/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1 S_1}))} = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2 S_1}))} \quad (5.1)$$

y

$$S_2 R = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2}))} = \frac{\Delta_{S_2/E_2}^2 + 2\Delta_{S_2/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_2/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2 S_2}))} \quad (5.2)$$

en las que

- $\Delta_{S_1/E_1} = C \cdot T_{S_1/E_1}$ ,  $\Delta_{S_2/E_2} = C \cdot T_{S_2/E_2}$ ,  $\Delta_{S_1/E_2} = C \cdot T_{S_1/E_2}$ ,  $\Delta_{S_2/E_1} = C \cdot T_{S_2/E_1}$ ,
- $d_1$  es la distancia de la primera fuente  $E_1$  al detector R,
- $d_2$  es la distancia de la segunda fuente  $E_2$  al detector R,
- $c$  es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas,
- $T_{S_1/E_1}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en un primer reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la primera fuente,
- $T_{S_2/E_2}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en un segundo reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la segunda fuente,
- $T_{S_1/E_2}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en el primer reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la segunda fuente,
- $T_{S_2/E_1}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en el segundo reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la primera fuente,
- $\alpha_{E_2 S_2}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el segundo reflector visto desde el detector,
- $\alpha_{E_1 S_1}$  es la desviación angular entre la primera fuente y el primer reflector visto desde el detector,
- $\alpha_{E_2 S_1}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector, y
- $\alpha_{E_1 S_2}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector.

**[0038]** Las expresiones (5.1) y (5.2) permiten obtener un sistema de dos ecuaciones del tipo siguiente:

$$\begin{cases} b_{11} + b_{12} \cdot d_1 + b_{13} \cdot d_2 + b_{14} \cdot d_1 \cdot d_2 = 0 \\ b_{21} + b_{22} \cdot d_1 + b_{23} \cdot d_2 + b_{24} \cdot d_1 \cdot d_2 = 0 \end{cases} \quad (6)$$

**[0039]** En el caso de la segunda configuración de la figura 3, la expresión (5.1) anterior siempre es válida, pero no la expresión (5.2) ya que la expresión (4.4) no tiene sentido. Sin embargo, puede destacarse que la expresión (4.2) es entonces la de  $d_2$ , lo que permite escribir:

$$d_2 = S_2 R = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2}))} \quad (7)$$

**[0040]** Las expresiones (5.1) y (7) permiten entonces llegar al sistema de ecuaciones (6).

**[0041]** Por simetría, la segunda configuración de la figura 4 conduce al mismo sistema de ecuaciones (6).

**[0042]** En el caso de la primera configuración, las expresiones (5.1) y (5.2) no son válidas ya que las expresiones (4.1) y (4.4) no tienen sentido. Sin embargo, puede destacarse que la expresión (7) es aplicable y que la expresión (4.3) es entonces la de  $d_1$ , lo que permite escribir:

$$d_1 = S_1 R = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2 S_1}))} \quad (8)$$

**[0043]** Las expresiones (7) y (8) permiten entonces llegar al sistema de ecuaciones (6).

**[0044]** Un único sistema de ecuaciones (6) permite así extraer las incógnitas  $d_1$  y  $d_2$ , siendo solo los coeficientes  $b_{ij}$  diferentes de una configuración a otra.

**[0045]** Se implementa así un tratamiento único de resolución del sistema de ecuaciones (6) por medio del detector R con coeficientes  $b_{ij}$  que dependen de las configuraciones encontradas en la detección.

5 **[0046]** Los coeficientes del sistema (6) se expresan a continuación en función de las diferentes configuraciones:

• Para la primera configuración ilustrada en la figura 2:

$$\begin{cases} b_{11} = \Delta_{S_1/E_2}^2 \\ b_{12} = -2\Delta_{S_1/E_2} \\ b_{13} = 2\Delta_{S_1/E_2} \\ b_{14} = -2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1})) \end{cases} \quad (9.1)$$

10  
y

$$\begin{cases} b_{21} = -\Delta_{S_2/E_1}^2 \\ b_{22} = -2\Delta_{S_2/E_1} \\ b_{23} = 2\Delta_{S_2/E_1} \\ b_{24} = 2(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2})) \end{cases} \quad (9.2)$$

15 • Para la segunda configuración ilustrada en la figura 3:

$$\begin{cases} b_{11} = 2 \Delta_{S_1/E_1} \cdot \Delta_{S_1/E_2} (\Delta_{S_1/E_1} - \Delta_{S_1/E_2}) \\ b_{12} = 2 \Delta_{S_1/E_2} \left( 2\Delta_{S_1/E_1} - \Delta_{S_1/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1S_1})) \right) \\ b_{13} = 2 \Delta_{S_1/E_1} \left( -2\Delta_{S_1/E_2} + \Delta_{S_1/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2S_1})) \right) \\ b_{14} = 4 \Delta_{S_1/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2S_1})) - 4\Delta_{S_1/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1S_1})) \end{cases} \quad (9.3)$$

y

$$\begin{cases} b_{21} = -\Delta_{S_2/E_1}^2 \\ b_{22} = -2\Delta_{S_2/E_1} \\ b_{23} = 2\Delta_{S_2/E_1} \\ b_{24} = 2(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2})) \end{cases} \quad (9.2)$$

20

• Para la segunda configuración ilustrada en la figura 4:

$$\begin{cases} b_{11} = \Delta_{S_1/E_2}^2 \\ b_{12} = -2\Delta_{S_1/E_2} \\ b_{13} = 2\Delta_{S_1/E_2} \\ b_{14} = -2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1})) \end{cases} \quad (9.1)$$

25

y

$$\begin{cases} b_{21} = 2 \Delta_{S_2/E_1} \Delta_{S_2/E_2} (\Delta_{S_2/E_1} - \Delta_{S_2/E_2}) \\ b_{22} = 2 \Delta_{S_2/E_2} \left( 2\Delta_{S_2/E_1} - \Delta_{S_2/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2})) \right) \\ b_{23} = 2 \Delta_{S_2/E_1} \left( -2\Delta_{S_2/E_2} + \Delta_{S_2/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2 S_2})) \right) \\ b_{24} = 4 \Delta_{S_2/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2 S_2})) - 4\Delta_{S_2/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2})) \end{cases} \quad (9.4)$$

5 • Para la tercera configuración ilustrada en la figura 5:

$$\begin{cases} b_{11} = 2 \Delta_{S_1/E_1} \cdot \Delta_{S_1/E_2} (\Delta_{S_1/E_1} - \Delta_{S_1/E_2}) \\ b_{12} = 2 \Delta_{S_1/E_2} \left( 2\Delta_{S_1/E_1} - \Delta_{S_1/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1 S_1})) \right) \\ b_{13} = 2 \Delta_{S_1/E_1} \left( -2\Delta_{S_1/E_2} + \Delta_{S_1/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2 S_1})) \right) \\ b_{14} = 4 \Delta_{S_1/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2 S_1})) - 4\Delta_{S_1/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1 S_1})) \end{cases} \quad (9.3)$$

y

10

$$\begin{cases} b_{21} = 2 \Delta_{S_2/E_1} \cdot \Delta_{S_2/E_2} (\Delta_{S_2/E_1} - \Delta_{S_2/E_2}) \\ b_{22} = 2 \Delta_{S_2/E_2} \left( 2\Delta_{S_2/E_1} - \Delta_{S_2/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2})) \right) \\ b_{23} = 2 \Delta_{S_2/E_1} \left( -2\Delta_{S_2/E_2} + \Delta_{S_2/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2 S_2})) \right) \\ b_{24} = 4 \Delta_{S_2/E_1} (1 - \cos(\alpha_{E_2 S_2})) - 4\Delta_{S_2/E_2} (1 - \cos(\alpha_{E_1 S_2})) \end{cases} \quad (9.4)$$

[0047] A partir de la primera ecuación del sistema (6), se puede expresar, por ejemplo,  $d_1$  en función de  $d_2$

$$d_1 = -\frac{b_{11} + b_{13} \cdot d_2}{b_{12} + b_{14} \cdot d_2} \quad (10)$$

[0048] La expresión (10) introducida en la segunda ecuación del sistema (6) conduce a una ecuación de segundo grado en  $d_2$ , resuelta por el detector R:

$$A \cdot d_2^2 + B \cdot d_2 + C = 0 \quad (11)$$

en la que:

$$\begin{aligned} \bullet A &= b_{13} \cdot b_{24} - b_{14} \cdot b_{23}, \\ \bullet B &= b_{11} \cdot b_{24} - b_{12} \cdot b_{23} + b_{13} \cdot b_{22} - b_{14} \cdot b_{21}, \text{ y} \\ \bullet C &= b_{11} \cdot b_{22} - b_{12}^2. \end{aligned}$$

[0049] La solución de la ecuación (11) es la única raíz positiva, es decir:

$$d_2 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} > 0 \quad (12)$$

[0050] La distancia  $d_1$  de la primera fuente al detector R es calculada por el detector R a partir de la expresión (10) y del valor de  $d_2$  encontrado anteriormente.

- [0051]** Las relaciones (4.2) y (4.3) permiten calcular las distancias de cada reflector al detector  $S_1R$  y  $S_2R$  a partir de los valores medidos de  $\Delta_{SkE_i}$  y  $\alpha_{E_iSk}$ , y de los valores calculados de  $d_1$  y  $d_2$ .
- 5 **[0052]** Así, las fuentes  $E_1, E_2$  y los reflectores  $S_1$  y  $S_2$  se encuentran bien localizados en coordenadas polares, respectivamente  $(d_1, \theta_{E_1})$ ,  $(d_2, \theta_{E_2})$ ,  $(S_1R, \theta_{S_1})$  y  $(S_2R, \theta_{S_2})$ .
- [0053]** El detector R de localización de fuentes  $E_i$  de emisión de impulsos electromagnéticos, que funciona según el principio descrito anteriormente, se ilustra de forma funcional en la figura 6.
- 10 **[0054]** El detector R es un detector de radares.
- [0055]** El detector R es cuasiestático con respecto a las fuentes  $E_i$  que se deben localizar, es decir, el detector R tiene como máximo una velocidad relativamente débil con respecto a las fuentes  $E_i$  que se deben localizar, de manera que las evoluciones geométricas relativas a los triángulos biestáticos  $E_1RS_1$ ,  $E_2RS_2$ ,  $E_1RS_2$  y  $E_2RS_1$  sean suficientemente inferiores a la precisión buscada para no influir en ella.
- 15 **[0056]** El detector R comprende un módulo de recepción 12 y un calculador 14.
- 20 **[0057]** El módulo de recepción 12 comprende una red de antenas de goniometría que forman un único detector considerado puntual, un conjunto de cadenas de recepción asociadas a la red de antenas y funciones de tratamiento que permiten medir las características de los impulsos recibidos.
- [0058]** Las características de los impulsos medidas por el módulo de recepción 12 son, por ejemplo, la dirección de llegada de los impulsos, la frecuencia portadora de los impulsos, la anchura de los impulsos, la fecha de llegada de los impulsos, la modulación intrainpulso intencionada (en inglés *intentional modulation on pulse*) o la potencia de los impulsos.
- 25 **[0059]** El calculador 14 está en interacción con el módulo de recepción 12.
- 30 **[0060]** El calculador 14 comprende, por ejemplo, un procesador, una memoria y una unidad de tratamiento de datos. La unidad de tratamiento de datos está configurada para su implementación en interacción con un producto de programa informático, que puede cargarse en la unidad de tratamiento de datos, un procedimiento de localización que se describirá más en detalle posteriormente en la descripción.
- 35 **[0061]** A continuación se describe un ejemplo de funcionamiento del detector R en referencia a la figura 7, que ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo de implementación de un procedimiento de localización de fuentes  $E_1, \dots, E_n$  de emisión de impulsos electromagnéticos.
- 40 **[0062]** En lo sucesivo en la descripción, el término «igual» designa «igual a una tolerancia cercana». La tolerancia elegida está relacionada con las precisiones de medida, la relación señal-ruido de medida y la frecuencia de las señales recibidas en el detector R. La tolerancia elegida es, por ejemplo, de  $\pm 5$  por ciento (%).
- [0063]** Para cada fuente  $E_i$  que se debe localizar, el procedimiento de determinación comprende inicialmente una etapa 100 de recepción por el detector R de al menos un impulso emitido, por una parte recibida directamente, es decir, según la trayectoria que llega directamente de la fuente  $E_i$  al detector R, y por otra parte recibida en su forma reflejada, es decir, después de la reflexión en un reflector  $S_k$ . Solo la diferencia de trayectorias geométricas, que conlleva fechas de llegada diferentes, y la calidad de la reflexión permite diferenciar el impulso recibido directamente del impulso recibido como reflejado cuando estos impulsos recibidos proceden de la misma emisión.
- 45 **[0064]** Los impulsos son recibidos por el detector R durante el tiempo de funcionamiento del detector R.
- 50 **[0065]** A continuación, el procedimiento de localización comprende una etapa 110 de medida, por el detector R, de la dirección de llegada  $\theta_k$ , de la fecha de llegada  $t$  en el detector R y de al menos una característica invariante  $CTI_j$  de cada impulso recibido.
- 55 **[0066]** En la realización ilustrada en la figura 7, la etapa de medida 110 comprende igualmente la medida de la potencia  $p$  de cada impulso recibido.
- 60 **[0067]** Las características invariantes  $CTI_j$  de cada impulso comprenden al menos una de las características entre: la anchura del impulso, la frecuencia portadora del impulso y la modulación intrainpulso intencionada.
- [0068]** El procedimiento de localización comprende una etapa 120 de recorte del tiempo de funcionamiento en franjas de tiempo  $\Delta t_i$  de igual duración. El procedimiento comprende igualmente la definición de una duración deslizando  $\Delta T$  al menos igual a la duración de una franja de tiempo  $\Delta t_i$ .
- 65

**[0069]** La duración de cada franja de tiempo  $\Delta t_i$  está relacionada con el tiempo máximo de iluminación a 3 dB de los radares. Por ejemplo, la duración de cada franja de tiempo está comprendida entre 10 milisegundos (ms) y 100 ms.

5

**[0070]** El procedimiento de localización comprende, ventajosamente, para cada franja de tiempo  $\Delta t_i$ , una etapa 130 de clasificación de los impulsos recibidos durante la franja de tiempo  $\Delta t_i$ , en función de la dirección de llegada  $\theta_k$  y de al menos una característica invariante  $CTI_j$  elegida entre la o las características invariantes medidas de cada impulso. Al salir de la etapa 130 de clasificación, se obtienen subseries de impulsos  $\{I(CTI_j, p, \theta_k, t, \dots)\}_{\Delta t_i}$ .

10

**[0071]** Los impulsos de cada subserie  $\{I(CTI_j, p, \theta_k, t, \dots)\}_{\Delta t_i}$  tienen direcciones de llegada  $\theta_k$  iguales, características invariantes  $CTI_j$  iguales y pertenecen a la misma franja de tiempo  $\Delta t_i$ . Por este motivo, cada subserie se caracteriza por una franja de tiempo  $\Delta t_i$ , una dirección de llegada  $\theta_k$  y al menos una característica invariante  $CTI_j$ .

15 **[0072]** El procedimiento comprende una etapa 140 de identificación, entre los impulsos recibidos, de los impulsos recibidos directamente y de los impulsos recibidos en reflexión.

**[0073]** En la realización de la figura 7, la etapa de identificación 140 comprende una fase de creación de

conjuntos  $\left\{ \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z1}}, \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$  de subseries. Las subseries de cada

20 conjunto

$\left\{ \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z1}}, \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$  se toman en una misma duración deslizante  $\Delta T$ , tienen direcciones de llegada  $\theta_k$  iguales y características invariantes  $CTI_j$  iguales.

**[0074]** La etapa de identificación 140 comprende igualmente, para cada conjunto

$\left\{ \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z1}}, \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$  tomadas dentro de una duración igual de subseries,

25 una fase de determinación de la potencia máxima entre las potencias de los impulsos del conjunto considerado.

**[0075]** La etapa de identificación 140 comprende además, para cada conjunto

$\left\{ \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z1}}, \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$ , una fase de identificación de los impulsos recibidos directamente y de los impulsos recibidos en reflexión.

30

**[0076]** La etapa de identificación 140 se implementa, por ejemplo, por comparación de la potencia máxima determinada con respecto a dos umbrales.

**[0077]** En este caso, cuando la potencia máxima determinada para el conjunto

$\left\{ \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z1}}, \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$

35

considerado es superior o igual a un primer umbral, los impulsos de las subseries del conjunto se identifican como recibidos directamente. Las subseries del conjunto correspondiente se denominan entonces subseries directas y se denotan como  $\{I(CTI_j, p, \theta_k, t, \dots)\}_{\Delta t_i, E}$ . El primer umbral se elige, por ejemplo, en función de la potencia radiada desde las fuentes  $E_i$ . La potencia radiada de una fuente (abreviada como PIRE) es el producto de la potencia inyectada en la o las antenas de la fuente por la ganancia de dicha o dichas antenas de la fuente.

40

**[0078]** Cuando la potencia máxima determinada para el conjunto

$\left\{ \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z1}}, \left\{ I(CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots) \right\}_{\Delta t_{i_z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$  considerado es estrictamente inferior a un segundo

umbral, los impulsos de las subseries del conjunto se identifican como recibidos en reflexión. Las subseries del conjunto correspondientes se denominan entonces subseries reflejadas y se denotan como  $\{I(CTI_j, p, \theta_k, t, \dots)\}_{\Delta t_i, S}$ . El segundo umbral es inferior o igual al primer umbral. El segundo umbral se elige, por ejemplo, en función de la potencia radiada de las fuentes  $E_i$  y de las superficies equivalentes de los radares del reflector  $S_k$ .

45

**[0079]** El procedimiento comprende, además, una etapa 150 de agrupación por pares de subseries directas  $\{I(CTI_j, p, \theta_k, t, \dots)\}_{\Delta t_i, E}$  con de las subseries reflejadas  $\{I(CTI_j, p, \theta_k, t, \dots)\}_{\Delta t_i, S}$  que tienen las mismas características

50

invariantes  $CTI_j$  y direcciones de llegada  $\theta_k$  diferentes.

**[0080]** La etapa de agrupación 150 comprende una fase de formación, a partir de los conjuntos

$\left\{ \left\{ I \left( CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots \right) \right\}_{\Delta t_{z1}}, \left\{ I \left( CTI_{j_x}, p, \theta_{k_y}, t, \dots \right) \right\}_{\Delta t_{z2}}, \dots \right\}_{\Delta T}$  formados anteriormente, de conjuntos extendidos

5 con las mismas características invariantes  $CTI_j$  y direcciones de llegada  $\theta_k$  diferentes, que comprenden al menos un emisor y un reflector, es decir, los conjuntos extendidos:

$$\left\{ \left\{ I \left( CTI_{j_x}, p, \theta_{k_{y1}}, t, \dots \right) \right\}_{\Delta t_{z1,E}}, \left\{ I \left( CTI_{j_x}, p, \theta_{k_{y1}}, t, \dots \right) \right\}_{\Delta t_{z2,S}}, \dots \right\}_{\Delta T},$$

$$\left\{ \left\{ I \left( CTI_{j_x}, p, \theta_{k_{y2}}, t, \dots \right) \right\}_{\Delta t_{z1,E}}, \left\{ I \left( CTI_{j_x}, p, \theta_{k_{y2}}, t, \dots \right) \right\}_{\Delta t_{z2,S}}, \dots \right\}_{\Delta T},$$

10

**[0081]** La etapa de agrupación 150 comprende, igualmente, una fase de agrupación por pares de las subseries directas con subseries reflejadas. Los impulsos de cada par tienen las mismas características invariantes  $CTI_j$ , direcciones de llegada diferentes y pertenecen a una misma franja de tiempo  $\Delta t$ .

15

**[0082]** La etapa de agrupación 150 comprende, igualmente, una fase de reunión de los pares de cada conjunto extendido para formar grupos de dos pares, de tres pares o de cuatro pares distintos. El número de pares por grupo es igual al número de direcciones de llegada diferentes de los impulsos del conjunto extendido correspondiente.

20 **[0083]** Cada grupo agrupa los impulsos que corresponden a una de las cuatro configuraciones geométricas de las figuras 2 a 5.

**[0084]** En particular, para la primera configuración que corresponde a la figura 2, los impulsos provienen de dos direcciones de llegada distintas, y por consiguiente se forman grupos de dos pares distintos de subseries. Cada grupo de dos pares comprende:

- un primer par de subseries  $\{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky1}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z1,E}} \cup \{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z1,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a una primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ) y direcciones de llegada ( $\theta_{ky1}, \theta_{ky2}$ ) diferentes, y
- un segundo par de subseries  $\{I(CTI_{jx2}, \theta_{ky1}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z2,S}} \cup \{I(CTI_{jx2}, \theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z2,E}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a una segunda característica invariante ( $CTI_{jx2}$ ) y tienen las mismas direcciones de llegada ( $\theta_{ky1}, \theta_{ky2}$ ) diferentes.

35 **[0085]** Para la segunda configuración que corresponde a las figuras 3 y 4, los impulsos provienen de tres direcciones de llegada distintas, y por consiguiente se forman grupos de tres pares distintos de subseries. Cada grupo de tres pares comprende:

- un primer par de subseries  $\{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky1}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z1,E}} \cup \{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky3}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z1,S}}$ , cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a una primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ) y direcciones de llegada iguales respectivamente a una primera y a una segunda dirección de llegada ( $\theta_{ky1}, \theta_{ky2}$ ) diferentes entre sí,
- un segundo par de subseries  $\{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky1}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z2,E}} \cup \{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z2,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a la primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ) y direcciones de llegada iguales respectivamente a la primera y a una tercera dirección de llegada ( $\theta_{ky1}, \theta_{ky3}$ ), siendo la tercera dirección de llegada diferente de la primera y de la segunda dirección de llegada, y
- un tercer par de subseries  $\{I(CTI_{jx2}, \theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z3,E}} \cup \{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky3}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z3,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a una segunda característica invariante ( $CTI_{jx2}$ ) diferente de la primera característica invariante y direcciones de llegada iguales respectivamente a la segunda y a la tercera dirección de llegada ( $\theta_{ky2}, \theta_{ky3}$ ).

50 **[0086]** Para la tercera configuración que corresponde a la figura 5, los impulsos provienen de cuatro direcciones de llegada distintas, y por consiguiente se forman grupos de cuatro pares distintas de subseries. Cada grupo de cuatro pares comprende:

- un primer par de subseries  $\{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky1}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z1,E}} \cup \{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky3}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z1,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a una primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ) y direcciones de llegada iguales respectivamente a una primera y a una segunda dirección de llegada ( $\theta_{ky1}, \theta_{ky3}$ ) diferentes entre sí,
- un segundo par de subseries  $\{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky1}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z2,E}} \cup \{I(CTI_{jx1}, \theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{z2,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a la primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ) y direcciones de llegada iguales

respectivamente a la primera y a una tercera dirección de llegada ( $\Theta_{ky1}, \Theta_{ky3}$ ), siendo la tercera dirección de llegada diferente de la primera y de la segunda dirección de llegada, y

- 5 ○ un tercer par de subseries  $\{I(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{Iz3,E}} \cup \{I(CTI_{jx2}, \Theta_{ky3}, t, \dots)\}_{\Delta t_{Iz3,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a una segunda característica invariante ( $CTI_{jx2}$ ) diferente de la primera característica invariante y direcciones de llegada iguales respectivamente a la tercera y a una cuarta dirección de llegada ( $\Theta_{ky2}, \Theta_{ky3}$ ), siendo la cuarta dirección de llegada diferente de la primera, de la segunda y de la tercera dirección de llegada, y
- 10 ○ un cuarto par de subseries  $\{I(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, t, \dots)\}_{\Delta t_{Iz4,E}} \cup \{I(CTI_{jx2}, \Theta_{ky4}, t, \dots)\}_{\Delta t_{Iz4,S}}$  cuyos impulsos tienen características invariantes iguales a la segunda característica invariante ( $CTI_{jx2}$ ) y direcciones de llegada iguales respectivamente a la tercera y a la cuarta dirección de llegada ( $\Theta_{ky2}, \Theta_{ky4}$ ).

**[0087]** El procedimiento comprende igualmente una etapa 160 de cálculo, para cada par de subseries, de la diferencia entre la fecha de llegada de los impulsos recibidos por reflexión con respecto a la fecha de llegada de los impulsos recibidos directamente. Dichas diferencias de fechas de llegada proceden de diferencias de trayectorias geométricas entre los impulsos directos recibidos y los impulsos reflejados recibidos obtenidos de los mismos impulsos emitidos.

**[0088]** El procedimiento comprende, además, una etapa 170 de determinación de la distancia  $d_i$  de cada fuente  $E_i$  al detector R a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas y direcciones de llegada de los impulsos de cada par.

**[0089]** La etapa de determinación 170 comprende una fase del cálculo de un histograma, para cada par, a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas para dicho par y la determinación de un retardo principal  $T_{Sy/Ey}$  de los impulsos recibidos en reflexión con respecto a los impulsos recibidos directamente a partir del histograma calculado.

**[0090]** Cada retardo principal  $T_{Sy/Ey}$  está afectado a su par  $\{I(CTI_{jx}, \theta_{ky}, t, \dots)\}_{\Delta t_{Iz2z,E}} \cup \{I(CTI_{jx}, \theta_{ky}, t, \dots)\}_{\Delta t_{Iz2z,S}}$ , lo que puede denotarse simbólicamente de la forma siguiente:  $(CTI_{jx}, \theta_{ky}, \theta_{kx}, \Delta t_{Iz}, T_{Sy/Ey})$ .

**[0091]** Preferentemente, la etapa de determinación 170 comprende, igualmente, una fase de comparación de los valores de cada retardo principal  $T_{Sy/Ey}$  determinado con respecto a un intervalo de valores de referencia. El intervalo de valores de referencia se elige, por ejemplo, en función de consideraciones geométricas, relacionadas con las direcciones de llegada y con hipótesis plausibles de distancias en las gamas de interés. El intervalo de valores de referencia se extiende, por ejemplo, en el sentido extenso entre 1 microsegundo ( $\mu s$ ) y 100  $\mu s$ .

**[0092]** Ventajosamente, la segunda fase comprende igualmente la comparación del número de ocurrencias relativo a cada retardo principal  $T_{Sy/Ey}$  determinado con respecto a un umbral de referencia. El umbral de referencia se elige, por ejemplo, en función de un porcentaje del número de impulsos directos recibidos para cada par.

**[0093]** En el transcurso de la segunda fase, los retardos principales  $T_{Sy/Ey}$  cuyos valores no están comprendidos en el intervalo de valores de referencia y cuyo número de ocurrencias es estrictamente inferior al umbral de referencia, se eliminan.

**[0094]** La segunda fase permite así desembarazarse de valores aberrantes cuando el retardo principal  $T_{Sy/Ey}$  obtenido se sitúa fuera del intervalo de valores plausibles así como de valores aislados y no significativos cuando el número de ocurrencias es inferior al umbral de referencia.

**[0095]** A continuación, la etapa de determinación 170 comprende una fase de cálculo de la distancia  $d_i$  de cada fuente  $E_i$  al detector R, para cada configuración, a partir de los retardos principales  $T_{Sy/Ey}$  calculados y de las direcciones de llegada de los impulsos de cada par.

**[0096]** Para esto, se procede a resolver el sistema de ecuaciones (5.1) y (5.2).

**[0097]** En particular, para la primera configuración de la figura 2, los dos pares  $(CTI_{jx1}, \Theta_{ky1}, \Theta_{ky2}, \Delta t_{Iz}, T_{Sy2/Ey1})$  y  $(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, \Theta_{ky1}, \Delta t_{Iz}, T_{Sy1/Ey2})$  de cada grupo permiten obtener, por una parte, la distancia biestática  $\Delta_{Sy2/Ey1} = cT_{Sy2/Ey1}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{Ey1/Sy2} = \theta_{ky1} - \theta_{ky2}$  y, por otra parte, la distancia biestática  $\Delta_{Sy1/Ey2} = cT_{Sy1/Ey2}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{Ey2/Sy1} = \theta_{ky2} - \theta_{ky1}$ .

**[0098]** Estas expresiones de distancias biestáticas y de diferencias de dirección de llegada se usan para obtener los coeficientes del sistema de ecuaciones (6) dados por las expresiones (9.1) y (9.2), es decir:

$$(13.1) \begin{cases} b_{11} = \Delta_{S_{y1}/E_{y2}}^2 \\ b_{12} = -2\Delta_{S_{y1}/E_{y2}} \\ b_{13} = 2\Delta_{S_{y1}/E_{y2}} \\ b_{14} = -2 \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y1}}) \right) \end{cases}$$

y

$$(13.2) \begin{cases} b_{21} = -\Delta_{S_{y2}/E_{y1}}^2 \\ b_{22} = -2\Delta_{S_{y2}/E_{y1}} \\ b_{23} = 2\Delta_{S_{y2}/E_{y1}} \\ b_{24} = 2 \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y2}}) \right) \end{cases}$$

5

**[0099]** Para la segunda configuración de la figura 3, los tres pares  $(CTI_{jx1}, \Theta_{ky1}, \Theta_{ky2}, \Delta t_{iz}, T_{Sy2}/E_{y1})$ ,  $(CTI_{jx1}, \Theta_{ky1}, \Theta_{ky3}, \Delta t_{iz}, T_{Sy3}/E_{y1})$  y  $(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, \Theta_{ky3}, \Delta t_{iz}, T_{Sy3}/E_{y2})$  de cada grupo permiten obtener:

- 10
- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y2}/E_{y1}} = CT_{Sy2}/E_{y1}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y1}S_{y2}} = \theta_{ky1} - \theta_{ky2}$ ,
  - la distancia biestática  $\Delta_{S_{y3}/E_{y1}} = CT_{Sy3}/E_{y1}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y1}S_{y3}} = \theta_{ky1} - \theta_{ky3}$ , y
  - la distancia biestática  $\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} = CT_{Sy3}/E_{y2}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y2}S_{y3}} = \theta_{ky3} - \theta_{ky3}$ .

**[0100]** Estas expresiones de distancias biestáticas y de diferencias de dirección de llegada se usan para  
15 obtener los coeficientes del sistema de ecuación (6) dados por las expresiones (9.2) y (9.3), es decir:

$$(13.3) \begin{cases} b_{11} = 2 \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \cdot \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \right) \\ b_{12} = 2 \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( 2\Delta_{S_{y3}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y3}}) \right) \right) \\ b_{13} = 2 \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \left( -2\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} + \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y3}}) \right) \right) \\ b_{14} = 4 \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y3}}) \right) - 4\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y3}}) \right) \end{cases}$$

y

20

$$(13.2) \begin{cases} b_{21} = -\Delta_{S_{y2}/E_{y1}}^2 \\ b_{22} = -2\Delta_{S_{y2}/E_{y1}} \\ b_{23} = 2\Delta_{S_{y2}/E_{y1}} \\ b_{24} = 2 \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y2}}) \right) \end{cases}$$

**[0101]** Para la segunda configuración de la figura 4, los tres pares  $(CTI_{jx1}, \Theta_{ky1}, \Theta_{ky4}, \Delta t_{iz}, T_{Sy4}/E_{y1})$ ,  $(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, \Theta_{ky1}, \Delta t_{iz}, T_{Sy1}/E_{y2})$  y  $(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, \Theta_{ky4}, \Delta t_{iz}, T_{Sy4}/E_{y2})$  de cada grupo que permiten obtener:

25

- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y4}/E_{y1}} = CT_{Sy4}/E_{y1}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y1}S_{y4}} = \theta_{ky1} - \theta_{ky4}$ ,
- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y1}/E_{y2}} = CT_{Sy1}/E_{y2}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y2}S_{y1}} = \theta_{ky2} - \theta_{ky1}$ , y
- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} = CT_{Sy4}/E_{y2}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y2}S_{y4}} = \theta_{ky2} - 2\theta_{ky4}$ .

30 **[0102]** Estas expresiones de distancias biestáticas y de diferencias de dirección de llegada se usan para obtener los coeficientes del sistema de ecuación (6) dados por las expresiones (9.1) y (9.3), es decir:

$$(13.1) \begin{cases} b_{11} = \Delta_{S_{y1}/E_{y2}}^2 \\ b_{12} = -2\Delta_{S_{y1}/E_{y2}} \\ b_{13} = 2\Delta_{S_{y1}/E_{y2}} \\ b_{14} = -2 \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y1}}) \right) \end{cases}$$

y

$$(13.4) \begin{cases} b_{21} = 2 \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \cdot \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \right) \\ b_{22} = 2 \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( 2\Delta_{S_{y4}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y4}}) \right) \right) \\ b_{23} = 2 \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \left( -2\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} + \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y4}}) \right) \right) \\ b_{24} = 4 \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y4}}) \right) - 4\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y4}}) \right) \end{cases}$$

5

**[0103]** Para la tercera configuración de la figura 5, los cuatro pares  $(CTI_{jx1}, \Theta_{ky1}, \Theta_{ky3}, \Delta t_{lz}, TS_{y4}/E_{y1})$ ,  $(CTI_{jx1}, \Theta_{ky1}, \Theta_{ky4}, \Delta t_{lz}, TS_{y4}/E_{y1})$ ,  $(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, \Theta_{ky3}, \Delta t_{lz}, TS_{y3}/E_{y2})$  y  $(CTI_{jx2}, \Theta_{ky2}, \Theta_{ky4}, \Delta t_{lz}, TS_{y4}/E_{y2})$  de cada grupo permiten obtener:

10

- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y3}/E_{y1}} = CT_{S_{y3}/E_{y1}}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y1}S_{y3}} = \theta_{ky1} - \theta_{ky3}$ ,
- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y4}/E_{y1}} = CT_{S_{y4}/E_{y1}}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y1}S_{y4}} = \theta_{ky1} - \theta_{ky4}$ ,
- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} = CT_{S_{y3}/E_{y2}}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y2}S_{y3}} = \theta_{ky2} - \theta_{ky3}$ , y
- la distancia biestática  $\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} = CT_{S_{y4}/E_{y2}}$  y la diferencia de dirección de llegada  $\alpha_{E_{y2}S_{y4}} = \theta_{ky2} - 2\theta_{ky4}$ .

15

**[0104]** Estas expresiones de distancias biestáticas y de diferencias de dirección de llegada se usan para obtener los coeficientes del sistema de ecuación (6) dados por las expresiones (9.3) y (9.4), es decir:

$$(13.3) \begin{cases} b_{11} = 2 \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \cdot \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \right) \\ b_{12} = 2 \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( 2\Delta_{S_{y3}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y3}}) \right) \right) \\ b_{13} = 2 \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \left( -2\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} + \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y3}}) \right) \right) \\ b_{14} = 4 \Delta_{S_{y3}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y3}}) \right) - 4\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y3}}) \right) \end{cases}$$

20

y

$$(13.4) \begin{cases} b_{21} = 2 \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \cdot \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \right) \\ b_{22} = 2 \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( 2\Delta_{S_{y4}/E_{y1}} - \Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y4}}) \right) \right) \\ b_{23} = 2 \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \left( -2\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} + \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y4}}) \right) \right) \\ b_{24} = 4 \Delta_{S_{y4}/E_{y1}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y4}}) \right) - 4\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \left( 1 - \cos(\alpha_{E_{y1}S_{y4}}) \right) \end{cases}$$

25

**[0105]** La distancia  $d_{y2}$  de la segunda fuente  $E_2$  al detector R viene dada por la expresión (12) cuyos coeficientes son los de las expresiones (11.2), (11.3) y (11.4) correspondientes a los valores de las  $b_{ij}$  obtenidas anteriormente (13.1), (13.2), (13.3) o (13.4) según las configuraciones.

30

**[0106]** La distancia  $d_{y1}$  de la primera fuente  $E_1$  al detector R viene dada por la expresión (10).

**[0107]** La distancia  $RS_{y3}$  del primer reflector  $S_{y3}$  al detector R viene dada por la expresión (3), se obtiene así como:

$$RS_{y3} = \frac{\Delta_{S_{y3}/E_{y2}}^2 + 2\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} \cdot d_{y2}}{2\Delta_{S_{y3}/E_{y2}} + 2d_{y2}(1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y3}}))} \quad (14)$$

5

**[0108]** La distancia  $RS_{y4}$  del segundo reflector  $S_{y4}$  al detector R viene dada por la expresión (3) se obtiene así como:

$$RS_{y4} = \frac{\Delta_{S_{y4}/E_{y2}}^2 + 2\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} \cdot d_{y2}}{2\Delta_{S_{y4}/E_{y2}} + 2d_{y2}(1 - \cos(\alpha_{E_{y2}S_{y4}}))} \quad (15)$$

10

**[0109]** El procedimiento descrito permite así la localización de las fuentes  $E_1, \dots, E_n$  a partir de un único detector cuasiestático con respecto a las fuentes que se deben localizar. Dicho procedimiento permite igualmente la localización de los reflectores situados en el entorno de las fuentes que se deben localizar.

15 **[0110]** Más en concreto, dicho procedimiento permite localizar dos fuentes en un entorno que comprende al menos dichas fuentes y dos reflectores con independencia de la configuración de las fuentes y de los reflectores y con la única condición de que los reflectores no estén colocados entre sí y que las fuentes no estén colocadas entre sí.

20 **[0111]** El procedimiento propone resolver un único sistema de ecuaciones para el conjunto de las configuraciones posibles con coeficientes específicos para cada una de dichas configuraciones.

**[0112]** La localización de las fuentes se basa únicamente en medidas de direcciones de llegada y de fechas de llegada de los impulsos de radar que provienen directamente de los emisores e indirectamente de estos por medio de reflexiones en los objetos materiales reflectores del entorno.

25

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de localización de al menos dos fuentes ( $E_1$ ,  $E_2$ ) de emisión de impulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo el entorno al menos dos reflectores ( $S_1$ ,  $S_2$ ), comprendiendo el  
5 procedimiento las etapas de:

- recepción, por un detector (R), para cada fuente ( $E_1$ ,  $E_2$ ) que se debe localizar, durante un tiempo de funcionamiento del detector (R), de al menos un mismo impulso emitido, recibido por una parte directamente de dicha fuente ( $E_1$ ,  $E_2$ ) y recibido por otra parte por reflexión en uno de los reflectores ( $S_1$ ,  $S_2$ ),
- 10 - medida de la dirección de llegada ( $\Theta_{ky}$ ), de la fecha de llegada (t) y de al menos una característica invariante ( $CTI_{jx}$ ) de cada impulso recibido,

**caracterizado porque** el procedimiento comprende además las etapas de:

- 15 - identificación, entre los impulsos recibidos, de los impulsos recibidos directamente y de los impulsos recibidos en reflexión,
- agrupación por pares de impulsos recibidos directamente con impulsos recibidos en reflexión, teniendo los impulsos de cada par las mismas características invariantes ( $CTI_{jx}$ ) y direcciones de llegada ( $\Theta_{ky}$ ) diferentes,
- 20 - cálculo, para cada par, de la diferencia entre la fecha de llegada (t) del impulso recibido por reflexión con respecto a la fecha de llegada (t) del impulso recibido directamente, y
- determinación de la distancia (d) de cada fuente ( $E_1$ ,  $E_2$ ) al detector (R) a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas y de las direcciones de llegada ( $\Theta_{ky}$ ) de los impulsos de cada par.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tiempo de funcionamiento está formado por franjas de tiempo ( $\Delta t_i$ ) de duraciones idénticas, comprendiendo el procedimiento la definición de una duración deslizante ( $\Delta T$ ) al menos igual al tiempo de una franja de tiempo ( $\Delta t_i$ ), implementándose las etapas de identificación y de agrupación en la duración deslizante ( $\Delta T$ ), de manera que los impulsos de cada par pertenecen a una misma franja de tiempo.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que el procedimiento comprende, además, para cada  
30 franja de tiempo ( $\Delta t_i$ ), una etapa de clasificación de los impulsos recibidos en función de la dirección de llegada ( $\Theta_{ky}$ ) y de las características invariantes ( $CTI_{jx}$ ) de cada impulso para obtener subseries de impulsos, teniendo los impulsos de cada subserie direcciones de llegada ( $\Theta_{ky}$ ) iguales y características invariantes ( $CTI_{jx}$ ) iguales, estando los impulsos de cada subserie agrupados en un mismo par durante la etapa de agrupación.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la etapa de medida comprende, además, la  
35 determinación, en las subseries sucesivas de cada duración deslizante ( $\Delta T$ ), de la potencia máxima entre las potencias de los impulsos de las subseries que tienen direcciones de llegada ( $\Theta_{ky}$ ) iguales, características invariantes ( $CTI_{jx}$ ) iguales y que pertenecen a una misma duración deslizante ( $\Delta T$ ), estando identificados los impulsos recibidos directamente y los impulsos recibidos en reflexión, para cada subserie de impulsos, por comparación de la potencia  
40 máxima determinada para dicha subserie con respecto a al menos dos umbrales.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que los impulsos de las subseries asociadas a dicha potencia máxima se identifican como recibidos directamente cuando la potencia máxima es superior o igual a un primer umbral y los impulsos de las subseries asociadas a dicha potencia máxima se identifican como recibidos en reflexión  
45 cuando la potencia máxima es estrictamente inferior a un segundo umbral, siendo el segundo umbral inferior o igual al primer umbral.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la etapa de determinación comprende la reunión de los pares en duraciones predeterminadas para formar grupos de dos pares, de tres pares o  
50 de cuatro pares, siendo el número de pares por grupo igual al número de direcciones de llegadas ( $\Theta_{ky}$ ) diferentes que corresponden a los impulsos recibidos en el tiempo predeterminado, estando la distancia (d) de cada fuente ( $E_1$ ,  $E_2$ ) al detector (R) determinada a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas para los pares de cada grupo y las direcciones de llegada ( $\Theta_{ky}$ ) de los impulsos de los pares de cada grupo, comprendiendo cada grupo de dos pares:

- 55 ○ un primer par de impulsos de características invariantes iguales a una primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ), de direcciones de llegada ( $\Theta_{ky1}$ ,  $\Theta_{ky2}$ ) diferentes, y
- un segundo par de impulsos de características invariantes iguales a una segunda característica invariante ( $CTI_{jx2}$ ) y de las mismas direcciones de llegada ( $\Theta_{ky1}$ ,  $\Theta_{ky2}$ ) diferentes,

60 comprendiendo cada grupo de tres pares:

- 65 ○ un primer par de impulsos de características invariantes iguales a una primera característica invariante ( $CTI_{jx1}$ ), de direcciones de llegada iguales respectivamente a una primera y a una segunda dirección de llegada ( $\Theta_{ky1}$ ,  $\Theta_{ky2}$ ) diferentes entre sí,

- un segundo par de impulsos de características invariantes iguales a la primera característica invariante (CTI<sub>ix1</sub>), de direcciones de llegada iguales respectivamente a la primera y a una tercera dirección de llegada (Θ<sub>ky1</sub>, Θ<sub>ky3</sub>), siendo la tercera dirección de llegada diferente de la primera y de la segunda dirección de llegada, y
- un tercer par de impulsos de características invariantes iguales a una segunda característica invariante (CTI<sub>ix2</sub>) diferente de la primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a la segunda y a la tercera dirección de llegada (Θ<sub>ky2</sub>, Θ<sub>ky3</sub>),

comprendiendo cada grupo de cuatro pares:

- un primer par de impulsos de características invariantes iguales a una primera característica invariante (CTI<sub>ix1</sub>), de direcciones de llegada iguales respectivamente a una primera y a una segunda dirección de llegada (Θ<sub>ky1</sub>, Θ<sub>ky3</sub>) diferentes entre sí,
- un segundo par de impulsos de características invariantes iguales a la primera característica invariante (CTI<sub>ix1</sub>) de direcciones de llegada iguales respectivamente a la primera y a una tercera dirección de llegada (Θ<sub>ky1</sub>, Θ<sub>ky4</sub>), siendo la tercera dirección de llegada diferente de la primera y de la segunda dirección de llegada,
- un tercer par de impulsos de características invariantes iguales a una segunda característica invariante (CTI<sub>ix2</sub>) diferente de la primera característica invariante, de direcciones de llegada iguales respectivamente a la tercera y a una cuarta dirección de llegada (Θ<sub>ky2</sub>, Θ<sub>ky3</sub>), siendo la cuarta dirección de llegada diferente de la primera, de la segunda y de la tercera dirección de llegada, y
- un cuarto par de impulsos de características invariantes iguales a la segunda característica invariante (CTI<sub>ix2</sub>), de direcciones de llegada iguales respectivamente a la tercera y a la cuarta dirección de llegada (Θ<sub>ky2</sub>, Θ<sub>ky4</sub>).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que cada grupo permite determinar las distancias (d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>) respectivas de dos de las fuentes (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>) que se deben localizar al detector (R), calculándose dichas distancias (d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>):

- para cada grupo de dos pares de impulsos a partir de las ecuaciones siguientes:

$$\begin{cases} d_1 = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ d_2 = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} \end{cases}$$

- para cada grupo de tres pares de impulsos a partir de las ecuaciones siguientes:

$$\begin{cases} \frac{\Delta_{S_1/E_1}^2 + 2\Delta_{S_1/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_1/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_1}))} = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ d_2 = \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} \end{cases}$$

o

$$\begin{cases} d_1 = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} = \frac{\Delta_{S_2/E_2}^2 + 2\Delta_{S_2/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_2/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_2}))} \end{cases}$$

- para cada grupo de cuatro pares de impulsos a partir de las ecuaciones siguientes:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta_{S_1/E_1}^2 + 2\Delta_{S_1/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_1/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_1}))} = \frac{\Delta_{S_1/E_2}^2 + 2\Delta_{S_1/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_1/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_1}))} \\ \frac{\Delta_{S_2/E_1}^2 + 2\Delta_{S_2/E_1} \cdot d_1}{2\Delta_{S_2/E_1} + 2d_1(1 - \cos(\alpha_{E_1S_2}))} = \frac{\Delta_{S_2/E_2}^2 + 2\Delta_{S_2/E_2} \cdot d_2}{2\Delta_{S_2/E_2} + 2d_2(1 - \cos(\alpha_{E_2S_2}))} \end{array} \right.$$

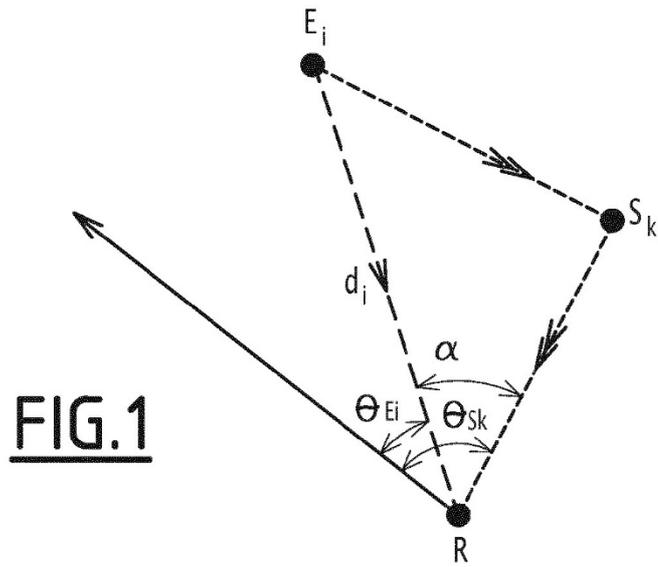
en las que

- 5
- $\Delta_{S_1/E_1} = c \cdot \tau_{S_1/E_1}$ ,  $\Delta_{S_2/E_2} = c \cdot \tau_{S_2/E_2}$ ,  $\Delta_{S_1/E_2} = c \cdot \tau_{S_1/E_2}$ ,  $\Delta_{S_2/E_1} = c \cdot \tau_{S_2/E_1}$ ,
  - $d_1$  es la distancia de la primera fuente  $E_1$  al detector (R),
  - $d_2$  es la distancia de la segunda fuente  $E_2$  al detector (R),
  - $c$  es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas,
  - $\tau_{S_1/E_1}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en un primer reflector con
- 10
- respecto a los impulsos recibidos directamente de la primera fuente,
  - $\tau_{S_2/E_2}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en un segundo reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la segunda fuente,
  - $\tau_{S_1/E_2}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en el primer reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la segunda fuente,
- 15
- $\tau_{S_2/E_1}$  es la diferencia de fecha de llegada entre los impulsos recibidos por reflexión en el segundo reflector con respecto a los impulsos recibidos directamente de la primera fuente,
  - $\alpha_{E_2S_2}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el segundo reflector visto desde el detector (R),
  - $\alpha_{E_1S_1}$  es la desviación angular entre la primera fuente y el primer reflector visto desde el detector (R),
  - $\alpha_{E_2S_1}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector (R), y
- 20
- $\alpha_{E_1S_2}$  es la desviación angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector (R).

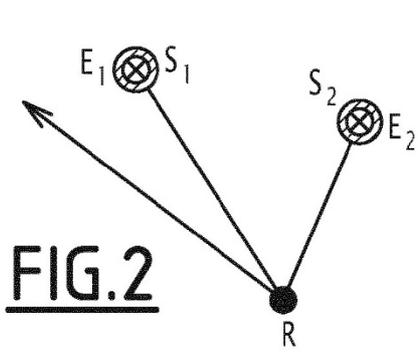
8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que la etapa de determinación comprende el cálculo de un histograma, para cada par, a partir de las diferencias de fechas de llegada calculadas para dicho par y la determinación de un retardo principal de los impulsos recibidos en reflexión con respecto a los impulsos recibidos directamente a partir del histograma calculado, siendo las diferencias de fecha de llegada ( $\tau_{S_1/E_1}$ ,  $\tau_{S_2/E_2}$ ,  $\tau_{S_1/E_2}$ ,  $\tau_{S_2/E_1}$ ) de las ecuaciones de la reivindicación 7 iguales respectivamente a uno de los retardos principales determinados.

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las características invariantes ( $CTI_{jx}$ ) de cada impulso comprenden al menos una de las características entre: la anchura del impulso, la frecuencia portadora del impulso y la modulación intrainpulso intencionada.

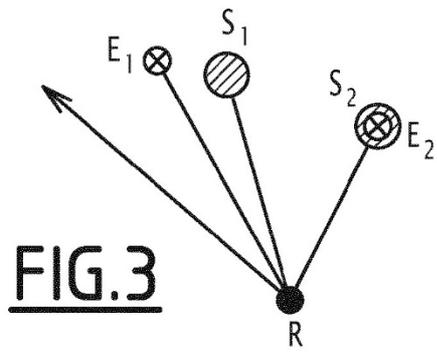
10. Detector (R) de localización de al menos dos fuentes ( $E_1$ ,  $E_2$ ) de emisión de impulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo el entorno al menos dos reflectores ( $S_1$ ,  $S_2$ ), siendo el detector (R) capaz de implementar las etapas del procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.



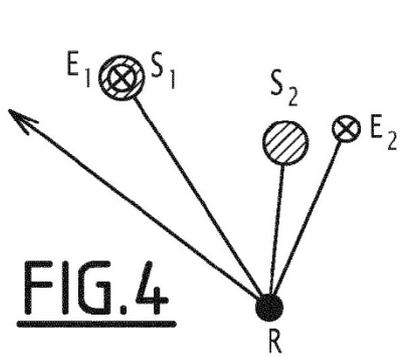
**FIG. 1**



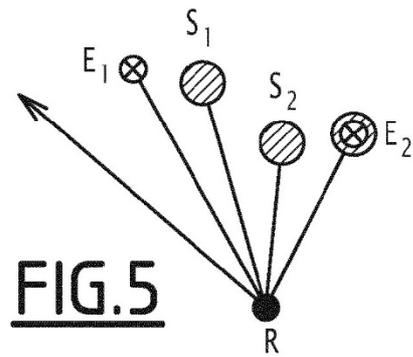
**FIG. 2**



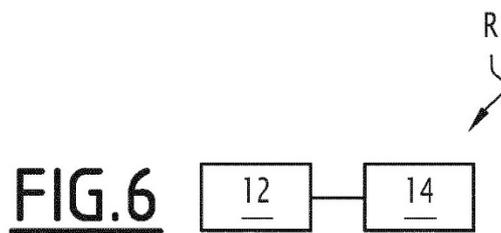
**FIG. 3**



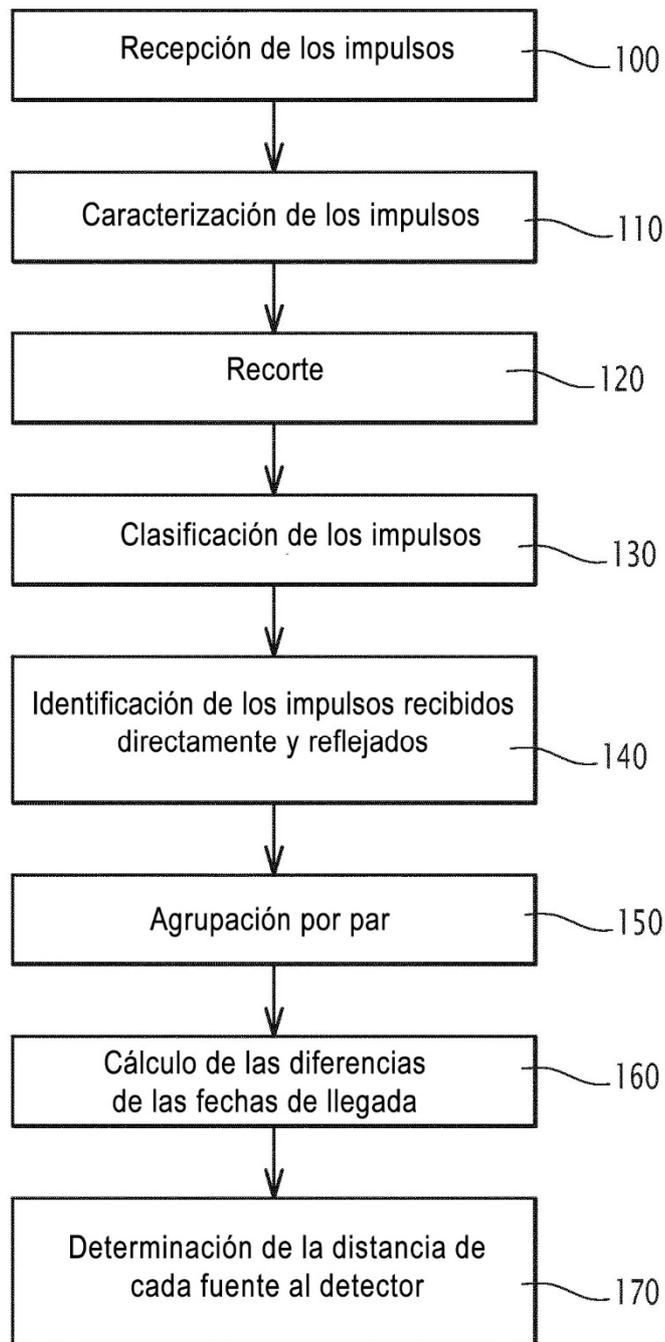
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG.7**