

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 200**

51 Int. Cl.:

G01S 11/02 (2010.01)

G01S 3/50 (2006.01)

G01S 3/00 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

G01S 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2017 PCT/EP2017/053567**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017 WO17140820**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2017 E 17705424 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3417310**

54 Título: **Procedimiento para localizar fuentes de emisión de pulsos electromagnéticos en un entorno que comprende reflectores**

30 Prioridad:

18.02.2016 FR 1600272

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

02.06.2020

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 2 764 200 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 para localizar fuentes de emisión de pulsos electromagnéticos en un entorno que comprende reflectores

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para localizar al menos dos fuentes de emisión de pulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo dicho entorno al menos dos reflectores, el procedimiento comprende las etapas de:
- recepción, por un detector, para cada fuente que se desea localizar, de al menos uno de los pulsos emitido, recibido
 - 10 por un lado en directo desde dicha fuente y recibido por el otro lado por reflexión en uno de los reflectores,
 - medición de la dirección de llegada, la fecha de llegada, la potencia y al menos una característica técnica invariable de cada pulso recibido,
 - identificación de subconjuntos directos y subconjuntos reflejados, cada subconjunto directo comprende pulsos recibidos en directo desde la misma fuente que se desea localizar, cada subconjunto reflejado comprende pulsos
 - 15 transmitidos por la misma fuente que se desea ubicar y recibidos tras la reflexión sobre un mismo reflector,
 - agrupación por par de subconjuntos directos con subconjuntos reflejados, los pulsos de los subconjuntos de cada par tienen las mismas características técnicas invariables,
 - cálculo, para cada par, de las diferencias en las fechas de llegada entre los pulsos del subconjunto reflejado y los pulsos del subconjunto directo del par,
 - 20 - determinación de la distancia desde cada fuente al detector a partir de las diferencias en las fechas de llegada calculadas y las direcciones de llegada de los pulsos de cada par.
- [0002]** La localización de una fuente implica determinar la dirección y la distancia de la fuente desde un punto de referencia. Dicha localización se basa generalmente en un principio multiestático que consiste en observar la fuente
- 25 desde diferentes ángulos.
- [0003]** Para localizar una fuente, un procedimiento conocido, que utiliza el principio de la triangulación, consiste en medir la dirección de llegada de los pulsos emitidos por la fuente por medio de varios detectores, deslocalizados entre sí. La triangulación es una técnica que permite determinar la posición de un punto midiendo los ángulos entre
- 30 este punto y otros puntos de referencia cuya posición se conoce.
- [0004]** Sin embargo, dicho procedimiento requiere el uso de una red de detectores y, por lo tanto, necesariamente un sistema de coordinación de los detectores de la red, que además del coste vinculado al número de detectores, excluye la posibilidad de trabajar con un solo detector.
- 35 **[0005]** También se ha desarrollado un procedimiento de localización que consiste en colocar un solo detector en un soporte que tenga una velocidad de desplazamiento relativamente alta en comparación con la fuente que se va a localizar. Tal desplazamiento relativo permite obtener un conjunto de direcciones de llegada a lo largo del tiempo, cuyo punto de competencia es la ubicación de la fuente.
- 40 **[0006]** Sin embargo, la obtención de un desplazamiento relativo requiere un portador particularmente rápido en relación con las fuentes que se desea localizar, lo que hace que el procedimiento sea inadecuado en el caso de una fuente en movimiento.
- 45 **[0007]** Otro procedimiento conocido se basa en la medición de las diferencias en el tiempo de paso del lóbulo de la antena (abreviado como DTPLA).
- [0008]** Sin embargo, tales mediciones suponen conocer la velocidad de rotación del lóbulo de la antena y, por lo tanto, realizar exploraciones circulares, lo que implica una adquisición relativamente lenta.
- 50 **[0009]** También se sabe utilizar la diferencia de tiempo de llegada (abreviada como TDOA) de la misma señal que llega a dos puntos de recepción diferentes para localizar una fuente. Tal diferencia de tiempo hace posible determinar el lugar geométrico en el que se encuentra la fuente.
- 55 **[0010]** Sin embargo, aquí nuevamente se requieren al menos dos detectores, lo que excluye la posibilidad de trabajar con un solo detector.
- [0011]** También se conocen procedimientos que combinan mediciones de TDOA y DTPLA a partir de un solo detector.
- 60 **[0012]** Por otro lado, como se explicó anteriormente, las mediciones de DTPLA requieren exploraciones circulares, que son lentas e inciertas.
- [0013]** También se conocen procedimientos para localizar pares de fuentes en un entorno que comprende al menos dichas fuentes y dos reflectores. Dichos procedimientos se basan en el cálculo de las diferencias en las fechas

de llegada entre los pulsos emitidos por dichas fuentes y recibidos directamente en el detector y los pulsos emitidos por dichas fuentes y recibidos en el detector después de la reflexión sobre uno de los reflectores.

[0014] Sin embargo, la precisión de tales procedimientos se puede mejorar aún más.

5

[0015] Los documentos US 2011/0140966A, EP 2428810A y US 2015/0323642A describen ejemplos de procedimientos de localización de fuentes.

[0016] Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento que permita localizar fuentes con precisión en un entorno a partir de un único detector cuasiestático con respecto a las fuentes que se van a localizar.

10

[0017] A estos efectos, la invención tiene por objeto un procedimiento de localización del tipo mencionado, caracterizado porque la etapa de identificación comprende:

15 - la agrupación en subconjuntos de pulsos recibidos con las mismas características técnicas invariables y las mismas direcciones de llegada,

- la determinación de la potencia máxima de los pulsos de cada subconjunto y el número de pulsos de cada subconjunto,

20 - para cada subconjunto, cuando se cumple una primera condición, entonces el subconjunto comprende pulsos recibidos en directo, y la primera condición estipula que la potencia máxima determinada para dicho subconjunto es mayor o igual a un primer umbral predeterminado de potencia y que el número de pulsos determinado para dicho subconjunto es igual al número máximo de pulsos entre los números de pulsos de subconjuntos con las mismas características técnicas invariables que dicho subconjunto, independientemente de la dirección de llegada de dichos subconjuntos,

25 - para cada subconjunto, cuando se cumple una segunda condición, los pulsos de dicho subconjunto se identifican recibidos en modo reflejado y el subconjunto es un subconjunto reflejado, y la segunda condición estipula que la potencia máxima determinada para dicho el subconjunto es estrictamente menor que un segundo umbral de potencia predeterminado y el número de pulsos determinado para dicho subconjunto es estrictamente menor que el número máximo de pulsos entre los números de pulsos de los subconjuntos con las mismas características técnicas invariables que dicho subconjunto, independientemente de la dirección de llegada de dichos subconjuntos.

30

[0018] Según realizaciones particulares, el procedimiento de localización comprende una o más de las siguientes características, tomadas de forma aislada o en cualquier combinación técnicamente posible:

35 - para cada subconjunto, cuando se cumple la primera condición, la etapa de identificación comprende además:

el establecimiento de una primera distribución estadística de las diferencias entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos de dicho subconjunto, que tiene una potencia mayor o igual a la mitad de la potencia máxima, el establecimiento de una segunda distribución estadística de las diferencias entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos de dicho subconjunto,

40

cuando la segunda distribución estadística es idéntica a la primera distribución estadística, los pulsos de dicho subconjunto se identifican recibidos en directo y el subconjunto es un subconjunto directo,

45

cuando la segunda distribución estadística comprende desviaciones diferentes de las diferencias de la primera distribución estadística y menor o igual que un tercer umbral predeterminado, entonces los pulsos a partir de los cuales se identifican dichas diferencias se reciben en reflexión y forman un subconjunto reflejado y los pulsos restantes de dicho subconjunto se identifican recibidos en directo y forman un subconjunto directo.

- la etapa de determinación comprende, para cada subconjunto directo, el establecimiento de un mapa que represente todas las diferencias en la fecha de llegada calculadas a partir de los pulsos de dicho subconjunto directo, en función de las direcciones de llegada de los pulsos reflejados correspondientes a dichas diferencias calculadas de fecha de llegada, determinándose la distancia desde cada fuente al detector en función de los mapas establecidos para cada subconjunto directo.

50

- para cada par formado por dos subconjuntos directos cuyos pulsos tienen diferentes direcciones de llegada y diferentes características técnicas invariables, la etapa de determinación comprende además la identificación de los mapas establecidos para dichos subconjuntos directos, de una o más configuraciones geométricas, eligiéndose cada configuración geométrica de las siguientes configuraciones:

55

una primera configuración en la que dicho par de subconjuntos directos corresponde a dos fuentes que se desea ubicar, los pulsos emitidos por dichas fuentes se reflejan en dos reflectores, uno de los reflectores coincide con una de dichas fuentes y el otro reflector se confunde con la otra de dichas fuentes, la primera configuración está asociada con: un primer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el reflector coincidente con la otra fuente y un segundo retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el reflector confundido con la otra fuente,

60

una segunda configuración en la que dicho par de subconjuntos directos corresponde a dos fuentes que se desea ubicar, los pulsos emitidos por dichas fuentes se reflejan en dos reflectores, uno de los reflectores es distinto

65

de dichas fuentes y el otro se confunde con una de dichas fuentes, estando asociada la segunda configuración con: un primer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el reflector combinado con la otra fuente, un segundo retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el reflector distinto, y un tercer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el reflector distinto,

□ una tercera configuración en la que dicho par de subconjuntos directos corresponde a dos fuentes que se desea ubicar, los pulsos emitidos por dichas fuentes se reflejan en dos reflectores distintos de dichas fuentes, estando asociada la tercera configuración con: un primer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el primero de dichos reflectores, un segundo retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el primero de dichos reflectores, un tercer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el segundo de dichos reflectores, y un cuarto retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el segundo de dichos reflectores,

la distancia desde cada fuente al detector se determina en función de los retrasos asociados con cada configuración determinada y de las direcciones de llegada de los pulsos correspondientes a dichos retrasos.

- cada configuración permite determinar las distancias respectivas de dos de las fuentes que se localizarán en el detector, calculando dichas distancias:

□ para cada primera configuración a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} RE_{i_1} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ RE_{i_2} = \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} \end{cases}$$

□ para cada segunda configuración a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ RE_{i_2} = \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} \end{cases}$$

o

$$\begin{cases} RE_{i_1} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_2}} \end{cases}$$

□ para cada tercera configuración a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_2}} \end{cases}$$

Donde

$$\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} = c \cdot \tau_{E_{i_1}, S_{n_1}}, \quad \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} = c \cdot \tau_{E_{i_2}, S_{n_2}}, \quad \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} = c \cdot \tau_{E_{i_2}, S_{n_1}}, \quad \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} = c \cdot \tau_{E_{i_1}, S_{n_2}},$$

o RE_{i_1} es la distancia desde la primera fuente E_{i_1} hasta el detector R,

o RE_{i_2} es la distancia desde la segunda fuente E_{i_2} hasta el detector R,

- o Es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas,
 - o $T_{Ei1,Sn1}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en un primer reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la primera fuente,
 - o $T_{Ei2,Sn2}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en un segundo reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la segunda fuente,
 - 5 o $T_{Ei2,Sn1}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en el primer reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la segunda fuente,
 - o $T_{Ei1,Sn2}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión el segundo reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la primera fuente,
 - 10 o $\alpha_{Ei2,Sn2}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente y el segundo reflector visto desde el detector,
 - o $\alpha_{Ei1,Sn1}$ es la diferencia angular entre la primera fuente y el primer reflector visto desde el detector,
 - o $\alpha_{Ei2,Sn1}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector, y
 - o $\alpha_{Ei1,Sn2}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector.
- 15 - la configuración o configuraciones identificadas para cada par de subconjuntos directos permiten obtener al menos una distancia desde cada fuente al detector, siendo la distancia determinada para cada fuente la distancia más ocurrente entre los valores de distancia obtenidos para dicha fuente;
- la configuración o configuraciones identificadas para cada par de subconjuntos directos también permiten obtener al menos una distancia de cada reflector al detector;
- 20 - la etapa de cálculo de las diferencias en la fecha de llegada de cada par comprende la eliminación de las diferencias en la fecha de llegada que son estrictamente mayores que un cuarto umbral predeterminado y cuyo número de ocurrencias es mayor o igual a un quinto umbral predeterminado;
- las características invariables de cada pulso comprenden al menos una de las características entre: el ancho del pulso, la frecuencia portadora del pulso y la modulación intencional dentro del pulso.
- 25 **[0019]** La invención también se refiere a un dispositivo para localizar al menos dos fuentes de emisión de pulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo el entorno al menos dos reflectores, siendo el detector adecuado para implementar las etapas de procedimiento como se define más arriba.
- 30 **[0020]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán en la lectura de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención, dadas únicamente a modo de ejemplo y en referencia a los dibujos que son:
- la figura 1 muestra una vista esquemática de un ejemplo de una fuente que se va a localizar, un reflector y un detector configurados para localizar la fuente,
- 35 - la figura 2 muestra una vista esquemática de un ejemplo de una primera configuración de dos fuentes que se van a localizar y de dos reflectores, estando cada fuente colocada con un reflector,
- la figura 3 muestra una vista esquemática de un ejemplo de una segunda configuración de dos fuentes que se van a localizar y dos reflectores, una de las fuentes está colocada con un reflector,
- 40 - la figura 4 muestra una vista esquemática de otro ejemplo de una segunda configuración de dos fuentes que se van a localizar y dos reflectores.
- 45 - la figura 5 muestra una vista esquemática de un ejemplo de una tercera configuración de dos fuentes que se van a localizar y dos reflectores, las fuentes no están colocadas con los reflectores;
- la figura 6 muestra una vista esquemática y funcional del detector de la figura 1,
- 50 - la figura 7 muestra un diagrama de flujo de una aplicación ejemplar de un procedimiento de localización de fuentes,
- la figura 8 muestra un mapa que representa las diferencias en la fecha de llegada obtenidas para la misma fuente, en función de las direcciones de llegada de los pulsos reflejados correspondientes, y
- 55 - la figura 9 muestra una superposición de los mapas obtenidos para dos fuentes separadas.
- [0021]** A continuación se describe un principio general para aplicar la invención, basado en la figura 1.
- [0022]** La figura 1 ilustra una fuente de emisión E_i , un reflector S_n y un detector R, que forman los tres puntos de un triángulo biestático E_iRS_n .
- 60 **[0023]** 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 particularmente moduladas por pulsos, preferentemente moduladas

en amplitud modulada por pulsos. Tal modulación de amplitud por pulsos permite, de hecho, una medición simplificada de la fecha del borde ascendente o de la fecha de llegada del pulso en comparación con otros tipos de modulación.

[0024] Cada fuente E_i , por ejemplo, se coloca en el mar en buques deslocalizados entre sí.

[0025] Un objeto de la invención es localizar las fuentes E_i por medio de un único detector de radar R colocado a una distancia de las fuentes E_i , como se ilustra en la figura 1.

[0026] El detector de radar R recibe la señal I_{E_i} correspondiente al pulso emitido por la fuente E_i en directo, es decir, después de haber recorrido el camino E_iR . Esta señal se caracteriza por características a_{jE_i} , una fecha de llegada t_{E_i} y una dirección de llegada θ_{kE_i} medidas por el detector R.

[0027] El detector de radar R también recibe la señal $I_{E_i S_n}$ correspondiente al mismo pulso emitido por la fuente E_i y reflejado en el reflector S_n , es decir, después de haber recorrido el camino $E_i S_n + S_n R$. Esta señal se caracteriza por las características a_{E_i, S_n} , una fecha de llegada t_{E_i, S_n} y una dirección de llegada θ_{kS_n} medidas por el detector R.

[0028] Así, para la fuente E_i y el reflector S_n , el detector R recibe las dos señales: $I_{E_i}(a_{E_i}, \theta_{kE_i}, t_{E_i})$ y $I_{E_i, S_n}(a_{E_i, S_n}, \theta_{kS_n}, t_{E_i, S_n})$.

[0029] De las señales $I_{E_i}(a_{E_i}, \theta_{kE_i}, t_{E_i})$ y $I_{E_i, S_n}(a_{E_i, S_n}, \theta_{kS_n}, t_{E_i, S_n})$, el detector R deduce la diferencia en el tiempo de llegada τ_{E_i, S_n} y la diferencia en las direcciones de llegada α_{E_i, S_n} entre el pulso recibido en directo y el pulso recibido reflejado de una misma emisión, es decir:

$$\tau_{E_i, S_n} = t_{E_i, S_n} - t_{E_i} \quad (1)$$

$$\alpha_{E_i, S_n} = \theta_{kE_i} - \theta_{kS_n} \quad (2)$$

[0030] La diferencia de trayectos $E_i S_n + R S_n - R E_i = c \tau_{E_i, S_n}$ se denomina distancia biestática asociada y se denota Δ_{E_i, S_n} , es decir:

$$\Delta_{E_i, S_n} = c \tau_{E_i, S_n} \quad (3)$$

[0031] Dicha expresión permite obtener la siguiente expresión de la distancia $E_i S_n$ entre la fuente E_i y el reflector S_n :

$$E_i S_n = \Delta_{E_i, S_n} + R E_i - R S_n \quad (4)$$

[0032] La aplicación del teorema del coseno al triángulo $E_i R S_n$ hace posible escribir la siguiente ecuación:

$$E_i S_n^2 = R S_n^2 + R E_i^2 - 2 R E_i \cdot R S_n \cdot \cos(\alpha_{E_i, S_n}) \quad (5)$$

[0033] Al eliminar el término $E_i S_n$ de las expresiones (4) y (5), se obtiene la siguiente expresión para la distancia $R S_n$ entre el reflector S_n y el detector R:

$$R S_n = \frac{\Delta_{E_i, S_n}^2 + 2 \Delta_{E_i, S_n} \cdot R E_i}{2 \Delta_{E_i, S_n} + 2 R E_i (1 - \cos(\alpha_{E_i, S_n}))} \quad (6)$$

[0034] En el caso del uso de un solo detector R, la resolución del problema de localización a partir de mediciones de dirección de llegada y hora de llegada, se basa en el hecho de que la zona estudiada comprende al menos dos fuentes E_i no colocalizadas entre sí, E_{i1} et E_{i2} , y dos reflectores S_n que tampoco están colocalizados entre sí, S_{n1} y S_{n2} . Sin embargo, una o más colocalizaciones de una fuente E_i con un reflector S_n es aceptable. Dos elementos se consideran "colocalizados" cuando las posiciones de cada elemento son idénticas o casi se confunden con respecto a la precisión de la medición.

[0035] A partir de dos fuentes y dos reflectores, existen cuatro configuraciones posibles. Estas configuraciones se ilustran en las figuras 2 a 5.

[0036] En particular, la figura 2 ilustra una primera configuración en la que las dos fuentes no están colocalizadas entre sí ni alineadas con el detector R y cada fuente está colocalizada con un reflector. La primera configuración de la figura 2 comprende dos triángulos biestáticos no degenerados $E_{i1}RS_{n2}$ y $E_{i2}RS_{n1}$ y dos triángulos biestáticos degenerados $E_{i1}RS_{n1}$ y $E_{i2}RS_{n2}$. Se dice que un triángulo está degenerado cuando se reduce a un segmento.

[0037] Las figuras 3 y 4 ilustran cada una una segunda configuración en la que las dos fuentes no están colocalizadas entre sí, ni alineadas con el detector R y una sola fuente está colocalizada con un reflector, la otra fuente y el otro reflector no están ni colocalizados ni alineados con el detector R. La segunda configuración de la figura 3 comprende tres triángulos biestáticos no degenerados $E_{i1}RS_{n1}$, E_{i1} , RS_{n2} y $E_{i2}RS_{n1}$ y un triángulo biestático degenerado $E_{i2}RS_{n2}$. La segunda configuración de la figura 4 comprende tres triángulos biestáticos no degenerados E_{i2} , RS_{n2} , $E_{i1}RS_{n2}$ y $E_{i2}RS_{n1}$ y un triángulo biestático degenerado $E_{i1}RS_{n1}$.

[0038] La figura 5 ilustra una tercera configuración en la que las fuentes y los reflectores no están colocalizados entre sí, ni alineados con el detector R. La tercera configuración de la figura 5 comprende cuatro triángulos biestáticos no degenerados $E_{i1}RS_{n1}$, $E_{i2}RS_{n2}$, $E_{i1}RS_{n2}$ y $E_{i2}RS_{n1}$.

[0039] La aplicación de la relación (6) a cada posible triángulo biestático proporciona cuatro expresiones:

$$\begin{array}{l} \text{Triángulo} \\ E_{i1}RS_{n1} \end{array} \Rightarrow RS_{n1} = \frac{\Delta_{E_{i1},S_{n1}}^2 + 2\Delta_{E_{i1},S_{n1}} \cdot RE_{i1}}{2\Delta_{E_{i1},S_{n1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i1},S_{n1}})) \cdot RE_{i1}} \quad (7.1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Triángulo} \\ E_{i1}RS_{n2} \end{array} \Rightarrow RS_{n2} = \frac{\Delta_{E_{i1},S_{n2}}^2 + 2\Delta_{E_{i1},S_{n2}} \cdot RE_{i1}}{2\Delta_{E_{i1},S_{n2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i1},S_{n2}})) \cdot RE_{i1}} \quad (7.2)$$

$$\begin{array}{l} \text{Triángulo} \\ E_{i2}RS_{n1} \end{array} \Rightarrow RS_{n1} = \frac{\Delta_{E_{i2},S_{n1}}^2 + 2\Delta_{E_{i2},S_{n1}} \cdot RE_{i2}}{2\Delta_{E_{i2},S_{n1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i2},S_{n1}})) \cdot RE_{i2}} \quad (7.3)$$

$$\begin{array}{l} \text{Triángulo} \\ E_{i2}RS_{n2} \end{array} \Rightarrow RS_{n2} = \frac{\Delta_{E_{i2},S_{n2}}^2 + 2\Delta_{E_{i2},S_{n2}} \cdot RE_{i2}}{2\Delta_{E_{i2},S_{n2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i2},S_{n2}})) \cdot RE_{i2}} \quad (7.4)$$

Las expresiones (7.1) a (7.4) tienen un significado completo solo para la tercera configuración. De hecho, las expresiones relacionadas con los triángulos biestáticos degenerados no tienen significado debido a los valores cero correspondientes a las mediciones de la distancia biestática Δ_{E_i, S_n} y de la diferencia en el ángulo de llegada α_{E_i, S_n} entre la fuente y el reflector.

En el caso de la tercera configuración de la figura 5, la igualdad de las expresiones (7.1) y (7.3) y la de las expresiones (7.2) y (7.4) permite obtener las siguientes ecuaciones:

$$RS_{n1} = \frac{\Delta_{E_{i1},S_{n1}}^2 + 2\Delta_{E_{i1},S_{n1}} \cdot RE_{i1}}{2\Delta_{E_{i1},S_{n1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i1},S_{n1}})) \cdot RE_{i1}} = \frac{\Delta_{E_{i2},S_{n1}}^2 + 2\Delta_{E_{i2},S_{n1}} \cdot RE_{i2}}{2\Delta_{E_{i2},S_{n1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i2},S_{n1}})) \cdot RE_{i2}} \quad (8.1)$$

$$RS_{n2} = \frac{\Delta_{E_{i1},S_{n2}}^2 + 2\Delta_{E_{i1},S_{n2}} \cdot RE_{i1}}{2\Delta_{E_{i1},S_{n2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i1},S_{n2}})) \cdot RE_{i1}} = \frac{\Delta_{E_{i2},S_{n2}}^2 + 2\Delta_{E_{i2},S_{n2}} \cdot RE_{i2}}{2\Delta_{E_{i2},S_{n2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i2},S_{n2}})) \cdot RE_{i2}} \quad (8.2)$$

Donde

$$\Delta_{E_{i1},S_{n1}} = c \cdot \tau_{E_{i1},S_{n1}}, \Delta_{E_{i2},S_{n2}} = c \cdot \tau_{E_{i2},S_{n2}}, \Delta_{E_{i2},S_{n1}} = c \cdot \tau_{E_{i2},S_{n1}}, \Delta_{E_{i1},S_{n2}} = c \cdot \tau_{E_{i1},S_{n2}},$$

- RE_{i1} es la distancia desde la primera fuente E_{i1} hasta el detector R,
- RE_{i2} es la distancia desde la segunda fuente E_{i2} hasta el detector R,
- c es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas,

- $\tau_{E_{i1},S_{n1}}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en un primer reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la primera fuente,

- $T_{Ei2,Sn2}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en un segundo reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la segunda fuente,
- $T_{Ei2,Sn1}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en el primer reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la segunda fuente,
- 5 • $T_{Ei1,Sn2}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión el segundo reflector en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la primera fuente,
- $\alpha_{Ei2,Sn2}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente y el segundo reflector visto desde el detector,
- $\alpha_{Ei1,Sn1}$ es la diferencia angular entre la primera fuente y el primer reflector visto desde el detector,
- $\alpha_{Ei2,Sn1}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector, y
- 10 • $\alpha_{Ei1,Sn2}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente y el primer reflector visto desde el detector.

[0041] Las expresiones (8.1) y (8.2) permiten obtener un sistema de dos ecuaciones del siguiente tipo:

$$\begin{cases} b_{11} + b_{12} \cdot RE_{i1} + b_{13} \cdot RE_{i2} + b_{14} \cdot RE_{i1} \cdot RE_{i2} = 0 \\ b_{21} + b_{22} \cdot RE_{i1} + b_{23} \cdot RE_{i2} + b_{24} \cdot RE_{i1} \cdot RE_{i2} = 0 \end{cases} \quad (9)$$

15 **[0042]** En el caso de la segunda configuración de la figura 3, la expresión anterior (8.1) siempre es válida, pero no la expresión (8.2) porque la expresión (7.4) no tiene significado. Sin embargo, podemos notar que la expresión (7.2) es entonces la de RE_{i2} , que permite escribir:

$$RE_{i2} = RS_{n2} = \frac{\Delta_{Ei1,Sn2}^2 + 2\Delta_{Ei1,Sn2} \cdot RE_{i1}}{2\Delta_{Ei1,Sn2} + 2(1 - \cos(\alpha_{Ei1,Sn2})) \cdot RE_{i1}} \quad (10)$$

20 **[0043]** Las expresiones (8.1) y (10) permiten encontrar el sistema de ecuaciones (9).

25 **[0044]** Por simetría, la segunda configuración de la figura 4 da como resultado el mismo sistema de ecuaciones (9).

[0045] En el caso de la primera configuración de la figura 2, las expresiones (8.1) y (8.2) no son válidas porque las expresiones (7.1) y (7.4) no tienen significado. Sin embargo, podemos notar que la expresión (10) es aplicables y que la expresión (7.3) es entonces la de RE_{i1} , lo que permite escribir:

$$RE_{i1} = RS_{n1} = \frac{\Delta_{Ei2,Sn1}^2 + 2\Delta_{Ei2,Sn1} \cdot RE_{i2}}{2\Delta_{Ei2,Sn1} + 2(1 - \cos(\alpha_{Ei2,Sn1})) \cdot RE_{i2}} \quad (11)$$

30 **[0046]** Las expresiones (10) y (11) permiten encontrar el sistema de ecuaciones (9).

35 **[0047]** Por lo tanto, un único sistema de ecuaciones (9) hace posible extraer las incógnitas RE_{i1} , RE_{i2} , RS_{n1} , RS_{n2} , solo los coeficientes b_{pq} son diferentes de una configuración a otra.

40 **[0048]** Por lo tanto, el detector R aplica un procesamiento de resolución único del sistema de ecuaciones (9) con coeficientes b_{q} que dependen de las configuraciones encontradas en la detección.

[0049] Los coeficientes b_{pq} del sistema (9) se expresan a continuación en función con las diferentes configuraciones:

- Para la primera configuración ilustrada en la figura 2:

$$\begin{cases} b_{11} = \Delta_{Ei2,Sn1}^2 \\ b_{12} = -2\Delta_{Ei2,Sn1} \\ b_{13} = 2\Delta_{Ei2,Sn1} \\ b_{14} = -2(1 - \cos(\alpha_{Ei2,Sn1})) \end{cases} \quad (12.1)$$

$$y \begin{cases} b_{21} = -\Delta_{Ei1,Sn2}^2 \\ b_{22} = -2\Delta_{Ei1,Sn2} \\ b_{23} = 2\Delta_{Ei1,Sn2} \\ b_{24} = 2(1 - \cos(\alpha_{Ei1,Sn2})) \end{cases} \quad (12.2)$$

- Para la segunda configuración ilustrada en la figura 3:

$$\begin{cases} b_{11} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} (\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}) \\ b_{12} = 2 \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \left(2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}})) \right) \\ b_{13} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} \left(-2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \right) \\ b_{14} = 4 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) - 4\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}})) \end{cases} \quad (12.3)$$

5
y

$$\begin{cases} b_{21} = -\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 \\ b_{22} = -2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \\ b_{23} = 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \\ b_{24} = 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \end{cases} \quad (12.2)$$

10 - Para la segunda configuración ilustrada en la figura 4:

$$\begin{cases} b_{11} = \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 \\ b_{12} = -2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \\ b_{13} = 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \\ b_{14} = -2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \end{cases} \quad (12.1)$$

y

$$\begin{cases} b_{21} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} (\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}}) \\ b_{22} = 2 \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} \left(2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \right) \\ b_{23} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \left(-2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} + \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) \right) \\ b_{24} = 4 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) - 4\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \end{cases} \quad (12.4)$$

15

- Para la tercera configuración ilustrada en la figura 5:

$$\begin{cases} b_{11} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} (\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}) \\ b_{12} = 2 \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \left(2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}})) \right) \\ b_{13} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} \left(-2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \right) \\ b_{14} = 4 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) - 4\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}})) \end{cases} \quad (12.3)$$

20 y

$$\begin{cases} b_{21} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} (\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}}) \\ b_{22} = 2 \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} \left(2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} - \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \right) \\ b_{23} = 2 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \left(-2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} + \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) \right) \\ b_{24} = 4 \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) - 4\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} (1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \end{cases} \quad (12.4)$$

[0050] A partir de la primera ecuación del sistema (9), podemos expresar, por ejemplo, RE_{i1} en función de RE_{i2} :

$$RE_{i1} = -\frac{b_{11} + b_{13} \cdot RE_{i2}}{b_{12} + b_{14} \cdot RE_{i2}} \quad (13)$$

5

[0051] La expresión (13) introducida en la segunda ecuación del sistema (9) conduce a una ecuación de segundo grado en RE_{i2} , resuelta por el detector R:

$$A \cdot RE_{i2}^2 + B \cdot RE_{i2} + C = 0 \quad (14.1)$$

10

Donde:

- $A = b_{13} \cdot b_{24} - b_{14} \cdot b_{23}$,
- $B = b_{11} \cdot b_{24} - b_{12} \cdot b_{23} + b_{13} \cdot b_{22} - b_{14} \cdot b_{21}$, y
- $C = b_{11} \cdot b_{22} - b_{12} \cdot b_{21}$.

15

[0052] La solución de la ecuación (14.1) es la única raíz positiva, es decir:

$$RE_{i2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} > 0 \quad (15)$$

20

[0053] La distancia RE_{i1} desde la primera fuente al detector R es calculada por el detector R desde la expresión (13) y el valor de RE_{i2} encontrado previamente.

[0054] Las relaciones (7.2) y (7.3) permiten calcular las distancias desde cada reflector al detector RE_{n1} y RS_{n2a}

25

partir de los valores medidos de $\Delta_{E_i, S_{ni}}$ y $\alpha_{E_i, S_{ni}}$ y los valores calculados de RE_{i1} y RE_{i2} .

[0055] Por lo tanto, las fuentes E_{i1} y E_{i2} y los reflectores S_{n1} y S_{n2} se han localizado en coordenadas polares, respectivamente $(RE_{i1}, \theta_{k_{E_{i1}}})$, $(RE_{i2}, \theta_{k_{E_{i2}}})$, $(RS_{n1}, \theta_{k_{S_{n1}}})$ y $(RS_{n2}, \theta_{k_{S_{n2}}})$.

30

[0056] El detector R de localización de fuentes E_i de emisión de pulsos electromagnéticos, que funciona según el principio descrito anteriormente, se ilustra funcionalmente en la figura 6.

[0057] El detector R es un detector de radar.

35

[0058] El detector R es cuasiestático con respecto a las fuentes E_i que se van a localizar, es decir que el detector R tiene como máximo una velocidad relativamente baja en comparación con las fuentes E_i que se van a localizar, de modo que las evoluciones geométricas relativas a los triángulos biestáticos $E_{i1}RS_{n1}$, $E_{i2}RS_{n2}$, $E_{i1}RS_{n2}$ y $E_{i2}RS_{n1}$ son suficientemente inferiores a la precisión que se busca para no afectarla.

40

[0059] El detector R comprende un módulo de recepción 12 y un ordenador 14.

[0060] El módulo de recepción 12 comprende un conjunto de antenas de búsqueda de dirección que forman un único detector considerado puntual, un conjunto de cadenas de recepción asociadas con el conjunto de antenas y funciones de procesamiento que permiten medir las características de los pulsos recibidos.

45

[0061] Las características de los pulsos medidos por el módulo de recepción 12 son, por ejemplo, la dirección de llegada de los pulsos, la frecuencia portadora de los pulsos, el ancho de los pulsos, la fecha de llegada de los pulsos, la modulación intencional dentro del pulso (en inglés, *intentional modulation on pulse*) o la potencia de los pulsos.

50

[0062] El ordenador 14 está en interacción con el módulo de recepción 12.

[0063] El ordenador 14 comprende, por ejemplo, un procesador, una memoria y una unidad de tratamiento de datos. La unidad de tratamiento de datos está configurada para implementar en interacción con un producto de programa informático, cargable en la unidad de tratamiento de datos, un procedimiento de localización que se describirá con más detalle en la siguiente descripción.

55

[0064] Ahora se describe un ejemplo de funcionamiento del detector R con referencia a la figura 7, que ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo para implementar un procedimiento de localización de fuentes E_1, \dots, E_n de emisión de pulsos electromagnéticos.

60

[0065] En el resto de la descripción, el término "igual" designa "igual dentro de una tolerancia". La tolerancia seleccionada está relacionada con la precisión de la medición, la relación señal/ruido de la medición y la frecuencia de las señales recibidas en el detector R. La tolerancia seleccionada es, por ejemplo, ± 5 por ciento (%).

5

[0066] Para cada fuente E_i que se desea localizar, el procedimiento de determinación comprende inicialmente una etapa 100 de recepción por el detector R de al menos un pulso emitido, por un lado recibido en directo, es decir, según el trayecto que va directamente desde la fuente E_i al detector R, y por otro lado recibido en su forma reflejada, es decir después de la reflexión sobre un reflector S_n . Solo la diferencia en los trayectos geométricos, que da como resultado diferentes fechas de llegada, y la calidad de la reflexión permite diferenciar el pulso recibido en directo del pulso recibido en modo reflejado cuando estos pulsos recibidos se originan de la misma emisión.

10

[0067] A continuación, el procedimiento de localización comprende una etapa 110 de medición, por el detector R, de la dirección de llegada θ , la fecha de llegada t en el detector R, la potencia p y al menos una característica técnica invariable CTI de cada pulso recibido.

15

[0068] Las características invariables CTI de cada pulso comprenden al menos una de las características entre: el ancho del pulso, la frecuencia portadora del pulso y la modulación intencional dentro del pulso.

20

[0069] En la siguiente descripción, un impulso recibido y cuyas características han sido medidas por el detector R se denota l (CTI, θ , t , p).

[0070] Las siguientes etapas del procedimiento se llevan a cabo para diferentes períodos de tiempo T sucesivos. El valor de cada período de tiempo T es, por ejemplo, del orden de al menos un período de rotación de antena de las fuentes de radar de interés. Tal valor de período de tiempo T de hecho permite que las fuentes de radar de interés hayan iluminado los reflectores.

25

[0071] Denotamos $\{l$ (CTI, θ , t , p) $\}$ el conjunto de pulsos recibidos por el detector R y cuyas características fueron medidas por el detector R durante un período de tiempo determinado T . En cada conjunto $\{l$ (CTI, θ , t , p) $\}$, los pulsos de la misma fuente E_i se mezclan en el tiempo con los pulsos de otras fuentes E_i .

30

[0072] El procedimiento comprende una etapa 120 de identificación, para cada conjunto $\{l$ (CTI, θ , t , p) $\}$, de los pulsos recibidos en directo y de los pulsos recibidos en reflexión.

35

[0073] La etapa de identificación 120 comprende, para cada conjunto $\{l$ (CTI, θ , t , p) $\}$, la agrupación en subconjuntos de los pulsos recibidos con las mismas características técnicas invariables CTI y con las mismas direcciones de llegada θ . Se dice que tales subconjuntos son consistentes en las características técnicas invariables CTI y en las direcciones de llegada θ , y se denotan $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$.

40

[0074] La etapa de identificación 120 comprende entonces la determinación de la potencia máxima P_{\max} (CTI $_j$, Θ_k) de los pulsos de cada subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$ y del número de pulsos NI (CTI $_j$, Θ_k) de cada subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$.

[0075] Para cada subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$, cuando se cumple una primera condición, entonces el subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$ comprende pulsos recibido en directo.

45

[0076] La primera condición estipula que la potencia máxima P_{\max} (CTI $_j$, Θ_k) determinada para dicho subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$ es mayor o igual a un primer umbral de potencia predeterminado P_1 . El primer umbral de potencia predeterminado P_1 se elige, por ejemplo, en función de la potencia radiada de las fuentes E_i . La potencia radiada de una fuente (abreviada como EIRP) es el producto de la potencia inyectada en la antena o antenas de la fuente por la ganancia de dicha antena o antenas de la fuente.

50

[0077] La primera condición estipula, además, que el número de pulsos NI (CTI $_j$, Θ_k) determinado para dicho subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$ es igual al número máximo de pulsos entre los números de pulsos NI (CTI $_j$, Θ_k) de los subconjuntos $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}_k$ con las mismas características técnicas invariables CTI $_j$ que dicho subconjunto $\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}$ sea cual sea la dirección de llegada Θ_k de dichos subconjuntos ($\{l$ (CTI $_j$, Θ_k , t , p) $\}_k$).

55

[0078] Cuando se cumple la primera condición, es probable que el subconjunto considerado contenga, además de los pulsos recibidos en directo, pulsos reflejados, por ejemplo, emitidos desde la fuente considerada y recibidos después de la reflexión sobre uno o más reflectores alineados y situados detrás de la fuente considerada. Para identificar tales posibles pulsos reflejados, la etapa de identificación 120 comprende las siguientes subetapas adicionales en el caso en que se cumpla la primera condición.

60

[0079] En el caso de que se cumpla la primera condición, la etapa de identificación 120 comprende, el establecimiento de una primera distribución estadística de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas de

65

los pulsos de dicho subconjunto que tiene una potencia mayor o igual a la mitad de la potencia máxima, es decir,

pulsos del subconjunto reducido $\left\{ I \left(CTI_j, \Theta_k, t, p \geq \frac{P_{\max}(CTI_j, \Theta_k)}{2} \right) \right\}$. Tal distribución estadística es, por ejemplo, un histograma de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos de dicho subconjunto reducido $\left\{ I \left(CTI_j, \Theta_k, t, p \geq \frac{P_{\max}(CTI_j, \Theta_k)}{2} \right) \right\}$.

5

[0080] En el caso de que se cumpla la primera condición, la etapa de identificación 120 también comprende el establecimiento de una segunda distribución estadística de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos de dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$. Tal distribución estadística es, por ejemplo, un histograma de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos del subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$.

10

[0081] Cuando la segunda distribución estadística es idéntica a la primera distribución estadística, los pulsos de dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ se identifican recibidos en directo y el subconjunto es un subconjunto directo $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_E$.

15 **[0082]**

Cuando la segunda distribución estadística comprende desviaciones diferentes de las desviaciones de la primera distribución estadística y menores o iguales a un tercer umbral predeterminado τ_s , entonces los pulsos de los que se derivan dichas desviaciones diferentes se identifican como recibidos reflejados y forman un subconjunto reflejado $\{I(CTI_j, \Theta_{kS}, t, p)\}_S$. El tercer umbral predeterminado τ_s se elige, preferiblemente, inferior o igual a 200 microsegundos, ventajosamente inferior o igual a 100 microsegundos (μs).

20

[0083] Los pulsos restantes de dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ se identifican recibidos en directo y forman un subconjunto directo $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$.

[0084]

Por lo tanto, cuando se cumple la primera condición para un subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$, las subetapas adicionales de la etapa de identificación 120 permiten determinar los posibles pulsos reflejados del subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$. Tales etapas adicionales se basan en la suposición de que el subconjunto reducido al subconjunto de pulsos de potencia mayor o igual a la mitad de la potencia máxima a priori contiene solo pulsos recibidos en directo. Como resultado, la distribución estadística de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas contenidas en un subconjunto tan reducido resalta el período o períodos de repetición de los pulsos (abreviado como PRI). Cuando el subconjunto no reducido considerado comprende pulsos recibidos en modo reflejado, dichos pulsos recibidos en modo reflejado son a priori de retraso débil en comparación con el período o períodos de repetición de los pulsos esperados. En consecuencia, las distribuciones estadísticas primera y segunda hacen posible extraer tales pulsos recibidos como se refleja del subconjunto considerado.

35 **[0085]**

Para cada subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$, cuando se cumple una segunda condición, los pulsos de dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ se identifican recibidos en modo reflejado y el subconjunto es un subconjunto reflejado $\{I(CTI_j, \Theta_{kS}, t, p)\}_S$.

[0086]

La segunda condición estipula que la potencia máxima $P_{\max}(CTI_j, \Theta_k)$ determinada para dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ es estrictamente inferior a un segundo umbral de potencia predeterminado P_2 . El segundo umbral de potencia predeterminado P_2 es inferior o igual al primer umbral de potencia predeterminado P_1 . El segundo umbral de potencia predeterminado P_2 se elige, por ejemplo, en función de la potencia radiada de las fuentes E_i y de las superficies equivalentes de radares de los reflectores S_n .

45 **[0087]**

La segunda condición estipula, además, que el número de pulsos $(NI(CTI_j, \Theta_k))$ determinado para dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ es estrictamente inferior al número máximo de pulsos entre los números $NI(CTI_j, \Theta_k)$ de los subconjuntos $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_k$ con las mismas características técnicas invariables CTI_j que dicho subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ sea cual sea la dirección de llegada Θ_k de dichos subconjuntos $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_k$.

50 **[0088]**

El procedimiento de localización comprende una etapa 130 de agrupación por par de subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ con subconjuntos reflejados $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_S$, los pulsos de los subconjuntos de cada par tienen las mismas características técnicas invariables CTI . Los pulsos del subconjunto reflejado $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_S$ del par tienen una dirección de llegada θ diferente o idéntica, en el caso de reflectores alineados con la fuente y el detector, de los del subconjunto directo $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ del par.

55

[0089] El procedimiento de localización también comprende una etapa 140 de cálculo, para cada par, de las diferencias τ de las fechas de llegada entre los pulsos del subconjunto reflejado $\{I(CTI_j, \Theta_{kS}, t, p)\}_S$ y los pulsos del subconjunto directo $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ del par.

60 **[0090]**

La etapa de cálculo 140 comprende, preferentemente, para cada par la eliminación de las diferencias τ en la fecha de llegada es estrictamente mayores que un cuarto umbral predeterminado y cuyo número de ocurrencias es mayor o igual a un quinto umbral predeterminado; El cuarto umbral predeterminado es ventajosamente igual al

tercer umbral predeterminado τ_s . Dicha eliminación se realiza, por ejemplo, a partir de una distribución estadística en forma de un histograma de las diferencias τ de la fecha de llegada calculada para cada par.

[0091] El procedimiento de localización comprende, además, una etapa 150 de determinación de la distancia desde cada fuente al detector a partir de las diferencias en las fechas de llegada calculadas y las direcciones de llegada θ de los pulsos de cada par.

[0092] Para esto, la etapa de determinación 150 comprende, para cada subconjunto directo $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$, el establecimiento de un mapa que representa el conjunto de diferencias τ de fecha de llegada calculadas a partir de los pulsos de dicho subconjunto directo $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$, en función de las direcciones de llegada θ de los pulsos reflejados correspondientes a dichas diferencias τ de la fecha de llegada calculadas.

[0093] Cada mapa representa, por lo tanto, todos los pulsos recibidos después de la reflexión sobre los reflectores ambientales y que provienen de la misma fuente que se va a localizar.

[0094] Un ejemplo de mapa obtenido para un subconjunto directo $\{I(CTI_{j_1}, \Theta_{kE_1}, t, p)\}_E$ de característica técnica invariable CTI_{j_1} y dirección de llegada Θ_{kE_1} está representado por la figura 8. Como se ilustra en este mapa, los pulsos reflejados correspondientes a las diferencias τ en las fechas de llegada del mapa están en una de las direcciones de llegada $\theta_{kS_{n_1}}, \theta_{kS_{n_2}}, \theta_{kS_{n_3}}$ donde $\theta_{kS_{n_4}}$.

[0095] La etapa de determinación 150 comprende, para cada par formado por dos subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ cuyos pulsos tienen diferentes direcciones de llegada, la identificación a partir de los mapas establecidos para dichos subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$, de una o más configuraciones geométricas.

[0096] Cada configuración geométrica se elige entre una de las configuraciones primera, segunda y tercera descritas a continuación.

[0097] La primera configuración corresponde a la configuración en la figura 2. En la primera configuración, dicho par de subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ corresponde a dos fuentes que se van a localizar, y los pulsos emitidos por dichas fuentes se reflejan en dos reflectores. Uno de los reflectores se confunde con una de dichas fuentes y el otro reflector se confunde con la otra de dichas fuentes. La primera configuración está asociada con:

- un primer retraso $\tau_{m_1}(E_{i_1}(CTI_{j_1}, \Theta_{kE_{i_1}}), \theta_{kS_{n_2}} = \theta_{kE_{i_2}})$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el reflector confundido con la otra fuente, y

35 - un segundo retraso $\tau_{m_2}(E_{i_2}(CTI_{j_2}, \Theta_{kE_{i_2}}), \theta_{kS_{n_1}} = \theta_{kE_{i_1}})$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el reflector confundido con la otra fuente.

[0098] La segunda configuración corresponde a cualquiera de las configuraciones en la figura 3 o 4. En la segunda configuración dicho par de subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ corresponde a dos fuentes que se van a localizar, reflejándose los pulsos emitidos por dichas fuentes en dos reflectores. Uno de los reflectores es distinto de dichas fuentes y el otro reflector se confunde con la otra de dichas fuentes. La segunda configuración está asociada con:

45 - un primer retraso $\tau_{m_1}(E_{i_1}(CTI_{j_1}, \Theta_{kE_{i_1}}), \theta_{kS_{n_2}} = \theta_{kE_{i_2}})$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el reflector confundido con la otra fuente,

- un segundo retraso $\tau_{m_2}(E_{i_1}(CTI_{j_1}, \Theta_{kE_{i_1}}), \theta_{kS_{n_1}} \neq \theta_{kE_{i_1}} \text{ et } \theta_{kS_{n_1}} \neq \theta_{kE_{i_2}})$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el reflector distinto, y

50 - un tercer retraso $\tau_{m_3}(E_{i_2}(CTI_{j_2}, \Theta_{kE_{i_2}}), \theta_{kS_{n_1}} \neq \theta_{kE_{i_1}} \text{ et } \theta_{kS_{n_1}} \neq \theta_{kE_{i_2}})$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el reflector distinto.

[0099] La tercera configuración corresponde a la configuración en la figura 5. En la tercera configuración dicho par de subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \Theta_{kE}, t, p)\}_E$ corresponde a dos fuentes que se van a localizar, reflejándose los pulsos emitidos por dichas fuentes en dos reflectores distintos de dichas fuentes. La tercera configuración está asociada con:

55

- un primer retraso $\tau_{m_1} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{S_{n_2}}} \right)$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el primero de los reflectores,

- un segundo retraso $\tau_{m_2} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{S_{n_2}}} \right)$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el primero de los reflectores, y

5 - un tercer retraso $\tau_{m_3} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{S_{n_1}}} \right)$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes en el segundo de los reflectores,

- un cuarto retraso $\tau_{m_4} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{S_{n_1}}} \right)$ en relación con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el segundo de los reflectores.

10 **[0100]** La identificación de las configuraciones geométricas para cada par formado por dos subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \theta_{k_E}, t, p)\}_E$ se obtiene, por ejemplo, superponiendo los mapas obtenidos para dichos subconjuntos directos $\{I(CTI_j, \theta_{k_E}, t, p)\}_E$. Tal superposición de dos mapas se ilustra, por ejemplo, en la figura 9, donde los datos del mapa de una primera fuente E_{i_1} están representados por círculos y los datos del mapa de una segunda fuente E_{i_2} están representados por diamantes.

15 **[0101]** La etapa de determinación 150 comprende entonces el cálculo de la distancia RE_i desde cada fuente E_i al detector R a partir de las expresiones (15) y (13) descritas anteriormente. La etapa de determinación 150 comprende además el cálculo de la distancia RS_n desde cada reflector S_n al detector R a partir de las expresiones (7.2) y (7.3) descritas anteriormente.

20 **[0102]** Las cantidades intermedias se calculan a partir de las expresiones (1), (2) y (3) descritas anteriormente.

[0103] Para la primera configuración ilustrada en la figura 2, los dos retrasos son:

25
$$\tau_{E_{i_1}, S_{n_2}} = \tau_{m_1} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \theta_{k_{S_{n_2}}} = \theta_{k_{E_{i_2}}} \right) \quad (16)$$

$$\tau_{E_{i_2}, S_{n_1}} = \tau_{m_2} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \theta_{k_{S_{n_1}}} = \theta_{k_{E_{i_1}}} \right) \quad (17)$$

30 y los coeficientes b_{pq} que permiten resolver las expresiones (15) y (13) están dados por las expresiones (12.1) y (12.2) descritas anteriormente.

[0104] Para la segunda configuración ilustrada en la figura 3, los tres retrasos son:

35
$$\tau_{E_{i_1}, S_{n_2}} = \tau_{m_1} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \theta_{k_{S_{n_2}}} = \theta_{k_{E_{i_2}}} \right) \quad (18)$$

$$\tau_{E_{i_1}, S_{n_1}} = \tau_{m_2} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \right) \quad (19)$$

$$\tau_{E_{i_2}, S_{n_1}} = \tau_{m_3} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \right) \quad (20)$$

40 y los coeficientes b_{pq} que permiten resolver las expresiones (15) y (13) están dados por las expresiones (12.3) y (12.2) descritas anteriormente.

[0105] Para la segunda configuración ilustrada en la figura 4, los tres retrasos son:

45
$$\tau_{E_{i_1}, S_{n_2}} = \tau_{m_1} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \right) \quad (21)$$

$$\tau_{E_{i_2}, S_{n_2}} = \tau_{m_2} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \theta_{k_{E_{i_2}}} \right) \quad (22)$$

$$\tau_{E_{i_2}, S_{n_1}} = \tau_{m_3} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \theta_{k_{S_{n_1}}} = \theta_{k_{E_{i_1}}} \right) \quad (23)$$

50

y los coeficientes b_{pq} que permiten resolver las expresiones (15) y (13) están dados por las expresiones (12.1) y (12.4) descritas anteriormente.

[0106] Para la tercera configuración ilustrada en la figura 5, los cuatro retrasos son:

$$\tau_{E_{i_1}, S_{n_1}} = \tau_{m_1} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \Theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \Theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \Theta_{k_{S_{n_2}}} \right) \quad (24)$$

$$\tau_{E_{i_2}, S_{n_1}} = \tau_{m_2} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \Theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \Theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_1}}} \neq \Theta_{k_{S_{n_2}}} \right) \quad (25)$$

$$\tau_{E_{i_1}, S_{n_2}} = \tau_{m_3} \left(E_{i_1} \left(CTI_{j_1}, \Theta_{k_{E_{i_1}}} \right), \Theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \Theta_{k_{S_{n_1}}} \right) \quad (26)$$

$$\tau_{E_{i_2}, S_{n_2}} = \tau_{m_4} \left(E_{i_2} \left(CTI_{j_2}, \Theta_{k_{E_{i_2}}} \right), \Theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_1}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \Theta_{k_{E_{i_2}}} \text{ et } \Theta_{k_{S_{n_2}}} \neq \Theta_{k_{S_{n_1}}} \right) \quad (27)$$

y los coeficientes b_{pq} que permiten resolver las expresiones (15) y (13) están dados por las expresiones (12.3) y (12.4) descritas anteriormente.

[0107] Así, para cada configuración dada, se obtienen cuatro distancias RE_{i_1} , RE_{i_2} , RS_{n_1} y RS_{n_2} , asociadas respectivamente con las direcciones de llegada $\Theta_{k_{E_{i_1}}}$, $\Theta_{k_{E_{i_2}}}$, $\Theta_{k_{S_{n_1}}}$ y $\Theta_{k_{S_{n_2}}}$.

[0108] Entre todas las configuraciones consideradas, algunas no corresponden a la realidad. Dichas combinaciones tienen una alta probabilidad de producir resultados aberrantes. Por lo tanto, la etapa de determinación 150 comprende, preferentemente, la eliminación de los valores de distancias RE_{i_1} , RE_{i_2} , RS_{n_1} y RS_{n_2} que no son plausibles. Se dice que una distancia es plausible si está dentro de un rango de distancias plausibles. Las distancias en cada rango de distancias plausibles son estrictamente positivas. Por ejemplo, se define un rango de distancias plausibles para las fuentes: $[RE_{\min}, RE_{\max}]$ y un rango de distancias plausibles diferentes para los reflectores: $[RS_{\min}, RS_{\max}]$,

[0109] Como variante, se definen intervalos de distancias plausibles específicos para cada fuente y para cada dirección de reflexión.

[0110] En la medida en que haya al menos un par de subconjuntos directos asociados con al menos una configuración, cada configuración permite obtener cuatro distancias RE_{i_1} , RE_{i_2} , RS_{n_1} y RS_{n_2} , esto implica que es probable que se pueden obtener varias soluciones para la misma distancia. Por lo tanto, la etapa de determinación 150 también comprende la elección de la distancia más frecuente entre los valores de distancia obtenidos para cada fuente. Dicha elección se realiza, por ejemplo, a partir de una distribución estadística, como un histograma, del conjunto de valores de distancia obtenidos.

[0111] Para los reflectores, teniendo en cuenta que es probable que varios reflectores estén en la misma dirección, la elección de la distancia más frecuente entre el conjunto de valores de distancia obtenidos, preferentemente, no se realiza. Además, la etapa de determinación 150 comprende, preferentemente, el establecimiento de la distribución estadística, por ejemplo en forma de histograma, de todos los valores de distancia obtenidos. Para integrar errores angulares, tal histograma es, por ejemplo, un histograma bidimensional de distancia-dirección de llegada, presentando así un mapa de los reflectores.

[0112] Por lo tanto, el procedimiento descrito permite la localización de las fuentes E_i desde un único detector cuasiestático con respecto a las fuentes que se van a localizar. Tal procedimiento también permite la localización de los reflectores S_n ubicados en el entorno de las fuentes E_i que se van a localizar.

[0113] Más precisamente, dicho procedimiento permite dos fuentes en un entorno que comprende al menos dichas fuentes y dos reflectores, independientemente de la configuración de las fuentes y de los reflectores, bajo el supuesto de que los reflectores no están colocalizados entre ellos y que las fuentes no están colocalizadas entre sí ni alineadas con el detector.

[0114] El procedimiento propone resolver un único sistema de ecuaciones para todas las configuraciones posibles con coeficientes específicos para cada una de dichas configuraciones.

[0115] La localización de las fuentes se basa únicamente en las mediciones de las direcciones de llegada y las fechas de llegada de los pulsos del radar que provienen directamente de los transmisores e indirectamente de ellos a través de reflexiones sobre los objetos materiales reflectantes del entorno.

[0116] Las etapas de identificación 120, de agrupación 130, cálculo 140 y determinación 150 permiten prever todas las configuraciones posibles de fuentes y reflectores, lo que permite mejorar la precisión de la localización de las fuentes E_i.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para localizar al menos dos fuentes (E_i) de emisión de pulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo dicho entorno al menos dos reflectores (S_n), el procedimiento comprende las etapas de:

- 5 - recepción, por un detector (R), para cada fuente (E_i) que se desea localizar, de al menos uno de los pulsos emitido, recibido por un lado en directo desde dicha fuente (E_i) y recibido por el otro lado por reflexión en uno de los reflectores (S_n),
- medición de la dirección de llegada (θ), la fecha de llegada (t), la potencia (p) y al menos una característica técnica invariable (CTI) de cada pulso recibido,
- 10 - identificación de subconjuntos directos ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E\}$) y de subconjuntos reflejados ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KS}, t, p)\}_S\}$), cada subconjunto directo ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E\}$) comprende pulsos recibidos en directo desde la misma fuente (E_i) que se va a localizar, cada subconjunto reflejado ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KS}, t, p)\}_S\}$) comprende pulsos emitidos por la misma fuente (E_i) que se va a localizar y recibidos después de la reflexión sobre el mismo reflector (S_n),
- 15 - agrupación por par de subconjuntos directos ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E\}$ y subconjuntos reflejados ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KS}, t, p)\}_S\}$), los pulsos de los subconjuntos de cada par tienen las mismas características técnicas invariables (CTI),
- cálculo, para cada par, de las diferencias (τ) de las fechas de llegada entre los pulsos del subconjunto reflejado ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KS}, t, p)\}_S\}$) y los pulsos del subconjunto directo ($\{\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E\}$) del par,
- 20 - determinación de la distancia (RE_i) desde cada fuente al detector (R) a partir de las diferencias (τ) en las fechas de llegada calculadas y las direcciones de llegada (θ) de los pulsos de cada par,

caracterizado porque la etapa de identificación comprende:

- 25 - la agrupación en subconjuntos ($\{\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}\}$) de pulsos recibidos con las mismas características técnicas invariables (CTI) y las mismas direcciones de llegada (θ),
- la determinación de la potencia máxima ($P_{max}(CTI_j, \Theta_k)$) de los pulsos de cada subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$ y del número de pulsos ($NI(CTI_j, \Theta_k)$) de cada subconjunto $\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$,
- para cada subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$), cuando se cumple una primera condición, entonces el subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) comprende pulsos recibidos en directo, y la primera condición estipula que la potencia máxima ($P_{max}(CTI_j, \Theta_k)$) determinada para dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) es mayor o igual que un primer umbral de potencia predeterminado (P_1) y que el número de pulsos ($NI(CTI_j, \Theta_k)$) determinado para dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) es igual al número máximo de pulsos entre el número de pulsos ($NI(CTI_j, \Theta_k)$) de los subconjuntos ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_k$) de mismas características técnicas invariables (CTI) que dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) independientemente de la dirección de llegada (Θ_k) de dichos subconjuntos ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_k$),
- 30 - para cada subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) cuando se cumple una segunda condición, entonces los pulsos de dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) se identifican como recibidos reflejados y el subconjunto es un subconjunto reflejado ($\{I(CTI_j, \Theta_{KS}, t, p)\}_S$), la segunda condición que estipula que la potencia máxima determinada para dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) es estrictamente inferior a un segundo umbral de potencia predeterminado (P_2) y que el número de pulsos ($NI(CTI_j, \Theta_k)$) determinado para dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) es estrictamente menor que el número máximo de pulsos entre los números de pulsos ($NI(CTI_j, \Theta_k)$) de los subconjuntos ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_k$) de las mismas características técnicas invariables (CTI) de dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) cualquiera que sea la dirección de llegada (Θ_k) de dichos subconjuntos ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}_k$).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que, para cada subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$), cuando se cumple la primera condición, la etapa de identificación comprende además:

- 50 - el establecimiento de una primera distribución estadística de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos de dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$), que tiene una potencia mayor o igual que la mitad de la potencia máxima ($P_{max}(CTI_j, \Theta_k)$),
- el establecimiento de una segunda distribución estadística de las desviaciones entre las fechas de llegada sucesivas de los pulsos de dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$),
- cuando la segunda distribución estadística es idéntica a la primera distribución estadística, los pulsos de dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) se identifican recibidos en directo y el subconjunto es un subconjunto directo ($\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E$),
- 55 - cuando la segunda distribución estadística comprende desviaciones diferentes de las diferencias de la primera distribución estadística y menor o igual que un tercer umbral predeterminado (τ_s), entonces los pulsos a partir de los cuales se identifican dichas diferencias se reciben en reflexión y forman un subconjunto reflejado y los pulsos restantes de dicho subconjunto ($\{I(CTI_j, \Theta_k, t, p)\}$) se identifican recibidos en directo y forman un subconjunto directo ($\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E$).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la etapa de determinación comprende, para cada subconjunto directo ($\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E$), el establecimiento de un mapa que representa el conjunto de diferencias (τ) de fecha de llegada calculadas a partir de los pulsos de dicho subconjunto directo ($\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E$), en función de las direcciones de llegada (θ) de los pulsos reflejados correspondientes a dichas diferencias calculadas de fecha de llegada (τ), determinándose la distancia (RE_i) desde cada fuente (E_i) al detector (R) en función de los mapas

establecidos para cada subconjunto directo $(\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E)$.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que para cada par formado por dos subconjuntos directos $(\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E)$ cuyos pulsos tienen diferentes direcciones de llegada (θ) y diferentes características técnicas invariables (CTI_j), la etapa de determinación comprende además la identificación a partir de los mapas establecidos para dichos subconjuntos directos $(\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E)$, de una o más configuraciones geométricas, eligiéndose cada configuración geométrica de las siguientes configuraciones:

- una primera configuración en la que dicho par de subconjuntos directos $(\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E)$ corresponde a dos fuentes (E_i) que se van a localizar, y los pulsos emitidos por dichas fuentes (E_i) se reflejan en dos reflectores (S_n), uno de los reflectores (S_n) se confunde con una de dichas fuentes (E_i) y el otro reflector (S_n) se confunde con la otra de dichas fuentes (E_i), estando asociada la primera configuración con: un primer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes (E_i) en el reflector (S_n) confundido con la otra fuente (E_i) y un segundo retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes (E_i) en el reflector (S_n) confundido con la otra fuente (E_i),

- una segunda configuración en la que dicho par de subconjuntos directos $(\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E)$ corresponde a dos fuentes (E_i) que se van a localizar, reflejándose los pulsos emitidos por dichas fuentes (E_i) en dos reflectores (S_n), siendo uno de los reflectores (S_n) distinto de dichas fuentes (E_i) y confundiendo el otro de los reflectores (S_n) con una de dichas fuentes (E_i), asociándose la segunda configuración a: un primer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes (E_i) en el reflector (S_n), que es igual a la otra fuente (E_i), un segundo retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes (E_i) en el reflector distinto (S_n), y un tercer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes (E_i) en el reflector distinto (S_n),

- una tercera configuración en la que dicho par de subconjuntos directos $(\{I(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E)$ corresponde a dos fuentes (E_i) que se desea ubicar, los pulsos emitidos por dichas fuentes (E_i) se reflejan en dos reflectores (S_n) distintos de dichas fuentes (E_i), estando asociada la tercera configuración con: un primer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes (E_i) en el primero de dichos reflectores (S_n), un segundo retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes en el primero de dichos reflectores, un tercer retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la primera de dichas fuentes (E_i) en el segundo de dichos reflectores (S_n), y un cuarto retraso relacionado con la reflexión de los pulsos emitidos por la segunda de dichas fuentes (E_i) en el segundo de dichos reflectores (S_n),

la distancia (RE) desde cada fuente (E_i) al detector (R) se determina en función de los retrasos asociados con cada configuración determinada y de las direcciones de llegada (θ) de los pulsos correspondientes a dichos retrasos.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que cada configuración permite determinar las distancias respectivas (RE_i) de dos de las fuentes (E_i) que se localizarán en el detector (R), calculando dichas distancias (RE_i):

□ para cada primera configuración a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} RE_{i_1} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ RE_{i_2} = \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} \end{cases}$$

□ para cada segunda configuración a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ RE_{i_2} = \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} RE_{i_1} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_2}} \end{array} \right.$$

□ para cada tercera configuración a partir de las siguientes ecuaciones:

$$5 \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}})) \cdot RE_{i_2}} \\ \frac{\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_1}}{2\Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_1}} = \frac{\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}}^2 + 2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} \cdot RE_{i_2}}{2\Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} + 2(1 - \cos(\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}})) \cdot RE_{i_2}} \end{array} \right.$$

Donde

- $\Delta_{E_{i_1}, S_{n_1}} = c \cdot \tau_{E_{i_1}, S_{n_1}}, \Delta_{E_{i_2}, S_{n_2}} = c \cdot \tau_{E_{i_2}, S_{n_2}}, \Delta_{E_{i_2}, S_{n_1}} = c \cdot \tau_{E_{i_2}, S_{n_1}}, \Delta_{E_{i_1}, S_{n_2}} = c \cdot \tau_{E_{i_1}, S_{n_2}}$
- 10 • RE_{i_1} es la distancia desde la primera fuente (E_{i_1}) hasta el detector (R),
- RE_{i_2} es la distancia desde la segunda fuente (E_{i_2}) hasta el detector (R),
- es la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas,
- $\tau_{E_{i_1}, S_{n_1}}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en un primer reflector (S_{n_1}) en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la primera fuente (E_{i_1}),
- 15 • $\tau_{E_{i_2}, S_{n_2}}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en un segundo reflector (S_{n_2}) en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la segunda fuente (E_{i_2}),
- $\tau_{E_{i_2}, S_{n_1}}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en el primer reflector (S_{n_1}) en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la segunda fuente (E_{i_2}),
- 20 • $\tau_{E_{i_1}, S_{n_2}}$ es la diferencia en la fecha de llegada entre los pulsos recibidos por reflexión en el segundo reflector (S_{n_2}) en comparación con los pulsos recibidos en directo desde la primera fuente (E_{i_1}),
- $\alpha_{E_{i_2}, S_{n_2}}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente (E_{i_2}) y el segundo reflector (S_{n_2}) visto desde el detector (R),
- $\alpha_{E_{i_1}, S_{n_1}}$ es la diferencia angular entre la primera fuente (E_{i_1}) y el primer reflector (S_{n_1}) visto desde el detector (R),
- 25 • $\alpha_{E_{i_2}, S_{n_1}}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente (E_{i_2}) y el primer reflector (S_{n_1}) visto desde el detector (R), y
- $\alpha_{E_{i_1}, S_{n_2}}$ es la diferencia angular entre la segunda fuente (E_{i_2}) y el segundo reflector (S_{n_2}) visto desde el detector (R).

6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, en el que las configuraciones identificadas para cada par de subconjuntos directos ($\{(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E$) permiten obtener al menos una distancia (R_i) desde cada fuente (E_i) hasta el detector (R), y la distancia (RE_i) determinada para cada fuente (E_i) es la distancia más recurrente entre los valores de distancia obtenidos para dicha fuente (E_i).

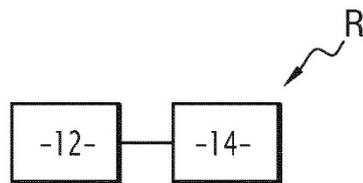
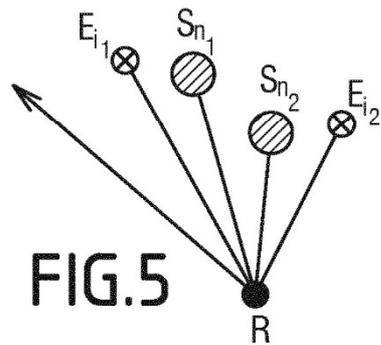
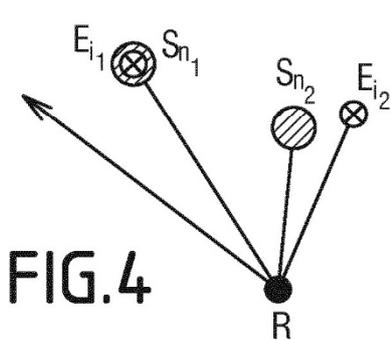
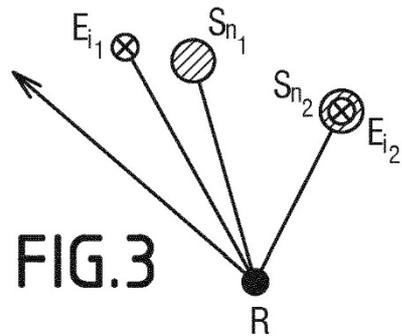
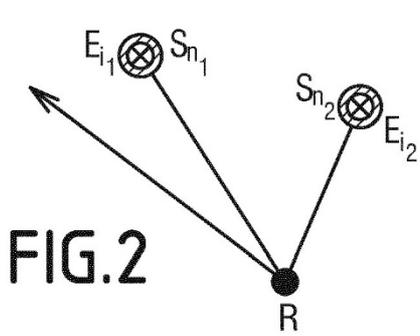
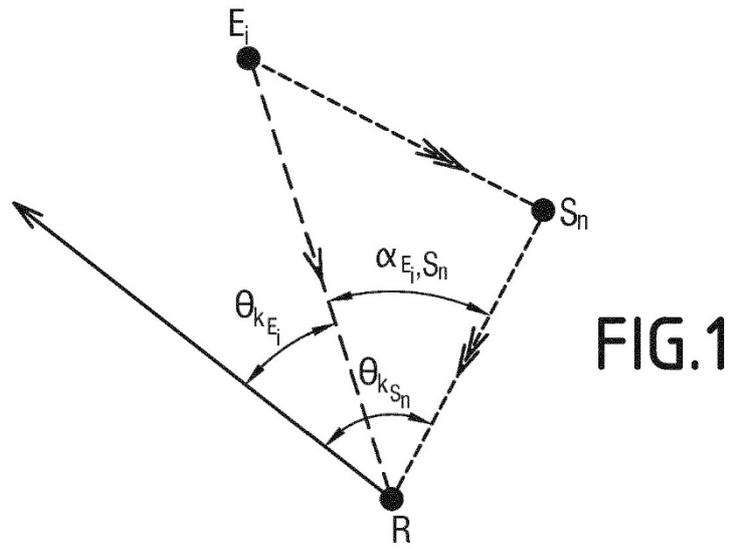
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que la configuración o configuraciones identificadas para cada par de subconjuntos directos ($\{(CTI_j, \Theta_{KE}, t, p)\}_E$) también permiten obtener al menos una distancia (RS_n) de cada reflector (S_n) al detector (R).

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa de cálculo de las diferencias en la fecha de llegada de cada par comprende la eliminación de las diferencias en la fecha de llegada que son estrictamente mayores que un cuarto umbral predeterminado y cuyo número de ocurrencias es mayor o igual a un quinto umbral predeterminado;

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las características invariables (CTI) de cada pulso comprenden al menos una de las características entre: el ancho del pulso, la frecuencia portadora del pulso y la modulación intencional dentro del pulso.

10. Detector (R) de localización de al menos dos fuentes (E_i) de emisión de pulsos electromagnéticos en un entorno, comprendiendo el entorno al menos dos reflectores (S_n), siendo el detector (R) adecuado para aplicar las etapas del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

50



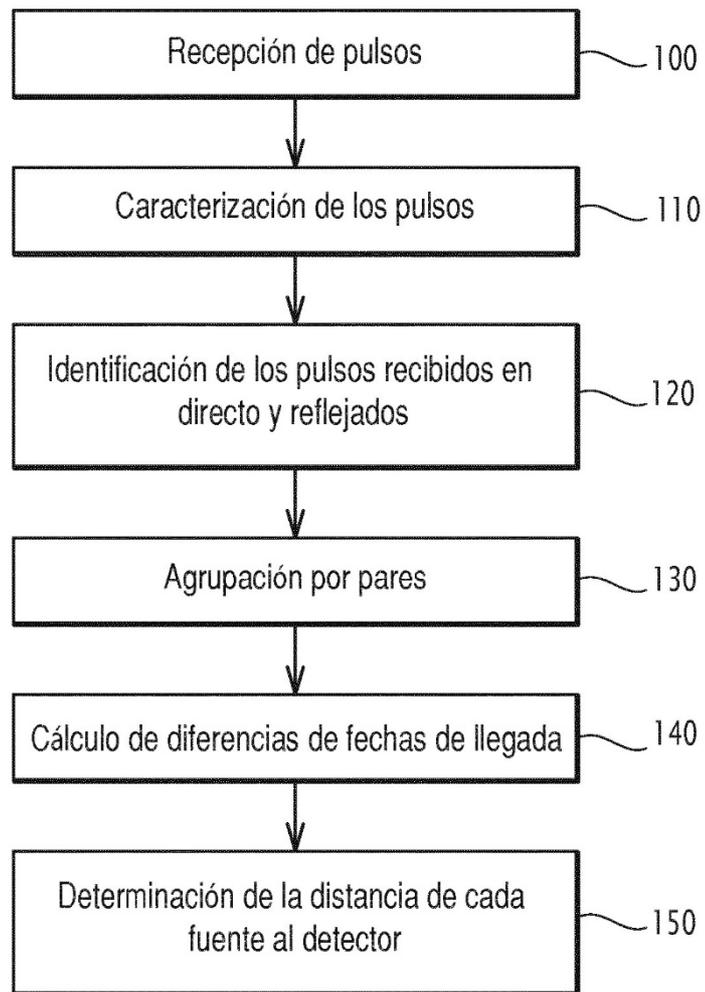


FIG.7

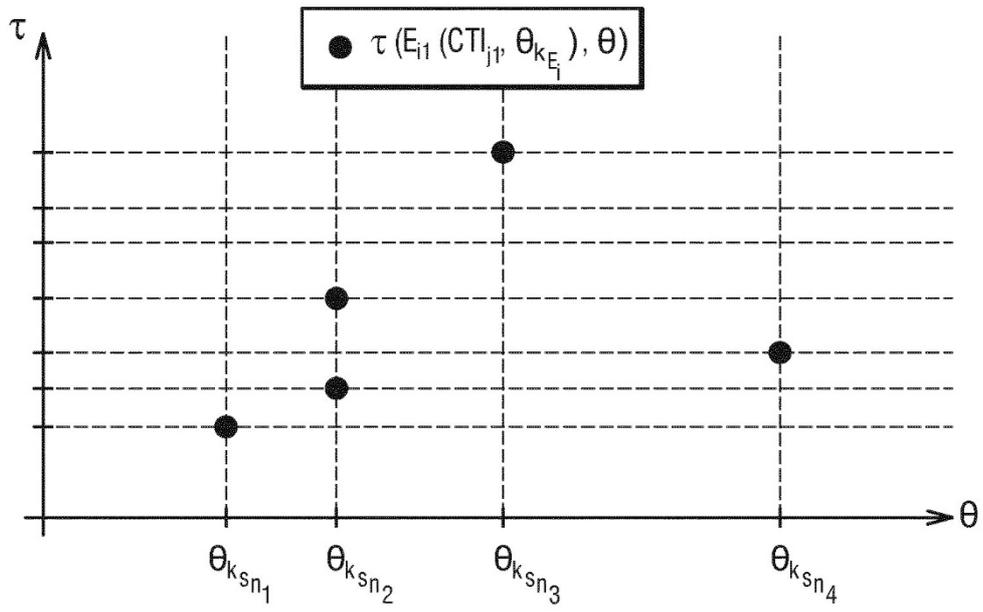


FIG.8

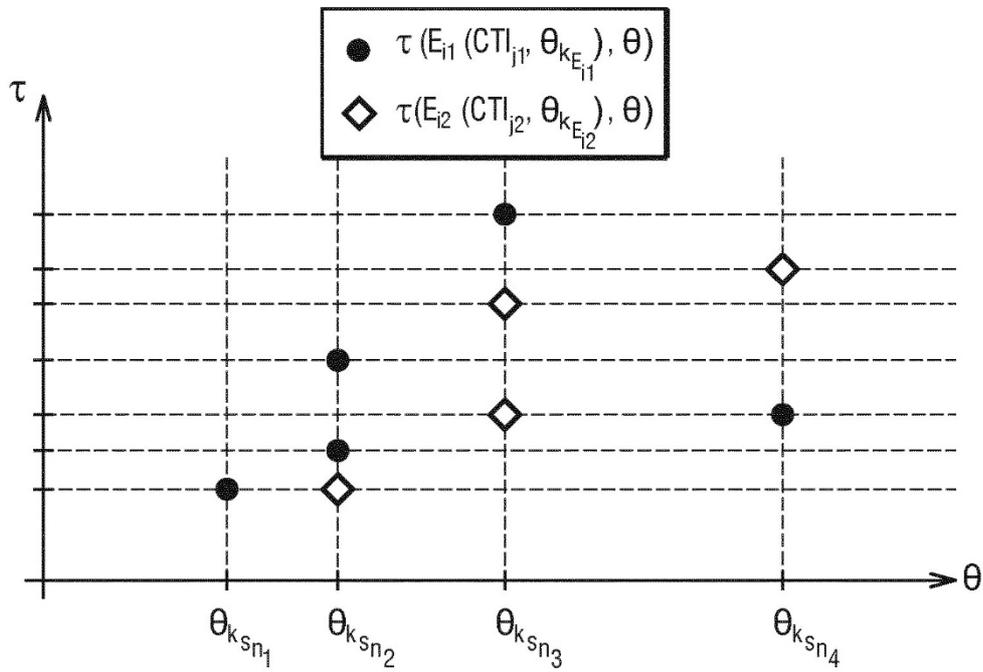


FIG.9