

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 312**

51 Int. Cl.:

G01S 19/10 (2010.01)

G01S 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2011** E 11184330 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016** EP 2439556

54 Título: **Procedimiento de identificación de emisores por un terminal en una red de isofrecuencia**

30 Prioridad:

08.10.2010 FR 1003997

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

19.04.2017

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
(50.0%)**

2 Place Maurice Quentin

75001 Paris, FR y

THALES- TOUR CARPE DIEM (50.0%)

72 Inventor/es:

THEVENON, PAUL;

COZZAZZA, STÉPHANE;

MACABIAU, CHRISTOPHE;

JULIEN, OLIVIER;

RIES, LIONEL y

BOUSQUET, MICHEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 609 312 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 identificación de emisores por un terminal en una red de isofrecuencia

La invención se refiere a un procedimiento de identificación de emisores por un terminal en una red de isofrecuencia. Se aplica, en particular, al campo de la geolocalización.

5 Los terminales móviles de telecomunicaciones, como por ejemplo los teléfonos portátiles o los ordenadores portátiles, se utilizan frecuentemente para la implementación de aplicaciones que requieren informaciones precisas de localización. De este modo, es habitual que estos terminales consten de unos medios que les permiten estimar de la forma más precisa posible su posición. Se utilizan, en particular, unos sistemas de geolocalización por satélites. Se puede citar, a título de ejemplo, el sistema GPS, siglas de la expresión anglosajona "Global Positioning System" (en español, sistema de posicionamiento global). Para que un sistema de geolocalización por satélites funcione correctamente, es preciso que un número suficiente de satélites sean visibles por el terminal. La elección del número y de la posición de los satélites en la constelación de dicho sistema permite cumplir con este requisito. Sin embargo, existen situaciones en las que el terminal no puede recibir señales procedentes de un número suficiente de satélites. Es, por ejemplo, el caso en los centros urbanos que comprenden edificios de gran tamaño que impiden la visibilidad de los satélites por el terminal o cuando el terminal se encuentra en unas zonas parcial o totalmente cubiertas.

Se pueden utilizar otras técnicas de geolocalización y se basan, en particular, en las características de las formas de ondas y de las redes de acceso de sistemas de radiocomunicaciones como el GSM y el UMTS o bien que se basan en unos sistemas de telecomunicaciones inalámbricas como el Wifi o el WiMax. Sin embargo, la precisión de estimación es menos buena que la que se obtiene mediante las técnicas existentes de geolocalización por satélites.

Las redes de isofrecuencia, llamadas también redes SFN, siglas de la expresión anglosajona "Single Frequency Network" (en español, red de frecuencia única) se utilizan en raras ocasiones en el marco de la geolocalización. Una red SFN es una red que comprende una multitud de emisores y de receptores. En este tipo de red, cada emisor transmite la misma señal de manera sincronizada y en una misma frecuencia portadora. En ausencia de trayectos múltiples, un receptor recibe varias réplicas de la misma señal procedente de varios emisores. A las diferentes réplicas se les asignan una atenuación y un retardo diferentes, dependiendo dicha atenuación y dicho retardo en particular de la distancia entre el terminal receptor y cada uno de los emisores. Estas características de las redes SFB hacen difícil para un terminal receptor identificar la procedencia de una réplica de la señal, es decir identificar al emisor. La localización del terminal al utilizar unas señales transmitidas por los emisores de una red es en principio posible a condición de que se puedan localizar e identificar dichos emisores.

Las marcas de agua digitales son una técnica conocida que permite en particular que los terminales identifiquen a los emisores de una red SFN. Esta técnica se designa a menudo con la palabra inglesa "watermarking". El principio de esta técnica es que una señal de identificación del emisor se superpone a la señal que consta de los datos de aplicación destinados al usuario del terminal receptor. La señal que consta de estos datos de usuario se llama de aquí en adelante en la descripción señal útil. Dichos datos de usuario corresponden por ejemplo a unos flujos de vídeo asociados a unas cadenas de televisión. La señal de identificación se superpone habitualmente a la señal útil con una potencia relativa muy baja, lo que no perturba la recepción de los datos de usuario. Sin embargo, la señal de identificación se altera cuando se acerca a otro emisor. Esto corresponde al fenómeno bien conocido por el experto en la materia y designado por la expresión anglosajona "near-far effect" (en español, efecto cerca-lejos). En este caso, solo los emisores más cercanos pueden identificarse. Como se ha explicado con anterioridad, para estimar la posición de un terminal, es preciso identificar tantos emisores como sea posible.

El artículo de P. Thenevon y otros, titulado "Positioning principles with a mobile TV system using DVB-SH signals and a Single Frequency Network", International Conference on Digital Signal Processing, 2009, IEEE, describe los principios del posicionamiento de un terminal móvil utilizando las señales emitidas por una red SFN.

45 La publicación de solicitud de patente US 2009/070847 A1 da a conocer un método de posicionamiento que se basa en una red SFN.

La publicación de solicitud de patente US 2010/081451 se refiere a un sistema que permite la localización de un terminal móvil en una red SFN.

Un objetivo de la invención es, en particular, resolver los inconvenientes citados con anterioridad.

50 Para ello, la invención tiene por objeto un procedimiento de identificación de emisores mediante un terminal en una red de isofrecuencia que comprende una multitud de emisores, estando dichos emisores sincronizados y emitiendo con un retardo τ_i artificial específico de cada emisor. El procedimiento consta al menos de:

- una etapa de adquisición de la posición aproximada del terminal \hat{P} , de la posición p_i de una lista $\{\mathbf{T}_x\}$ de emisores cerca del terminal y de los retardos de los retardos τ_i que tiene asociados;
- 55 - una etapa de mediciones ρ_i de pseudodistancias entre los emisores y el terminal;
- una etapa de asociación de las mediciones ρ_i con los emisores de posiciones p_i conocidas minimizando una

función de coste, correspondiendo dicha función de coste $v(\rho_i, \hat{P}, \sigma)$ a la norma del error entre las mediciones ρ_i y un modelo de mediciones de las pseudodistancias aplicado a una permutación de la posición de los emisores σ .

5 Según un aspecto de la invención, el procedimiento consta de una etapa de estimación de la posición afinada del terminal utilizando las posiciones de los emisores y las pseudomediciones que tiene asociadas.

Las posiciones p_i y los retardos τ_i artificiales de los emisores se pueden memorizar en una base de datos localizada en el terminal.

En una alternativa, las posiciones p_i y los retardos τ_i artificiales de los emisores se pueden transmitir al terminal utilizando unos medios de telecomunicación.

10 La adquisición de la posición \hat{P} aproximada del terminal es, por ejemplo, el resultado de estimaciones realizadas en unos sistemas de radiocomunicaciones como el GSM o el UMTS.

También es posible que la posición aproximada del terminal receptor corresponda a una posición adquirida mediante GPS.

La función de coste corresponde, por ejemplo, a la siguiente expresión:

15
$$v(\rho_i, \hat{P}, \sigma) = \sum_{i=1}^{card(\sigma)} \left(\rho_i - \sqrt{(\hat{x} - x_i)^2 + (\hat{y} - y_i)^2} - c \times \tau_i \right)^2$$

en la que:

ρ_i representa la i-ésima medición de pseudodistancias;

$\hat{P} = [\hat{x}, \hat{y}]$ representa la posición aproximada del terminal;

σ representa el conjunto de las combinaciones posibles de los emisores de la lista $\{\mathbf{T}\mathbf{x}\}$;

20 $card(\sigma)$ representa el cardinal de σ ;

c es una constante que representa la velocidad de la luz;

τ_i corresponde al plazo artificial asociado al i-ésimo emisor.

Según un aspecto de la invención, la mejor combinación emisores-mediciones $\hat{\sigma}$ se determina utilizando la expresión:

25
$$\hat{\sigma} = \underset{\sigma}{arg \min} [v(p, \hat{P}, \sigma)]$$

en la que:

$arg \min_k ()$ es una función que indica que la búsqueda del mínimo solo se hace en la variable k.

30 La invención también tiene por objeto un terminal de telecomunicación que comprende unos medios para recibir unas señales emitidas por los emisores de una red de isofrecuencia. Este terminal consta de unos medios para implementar el procedimiento de identificación de emisores tal como se ha descrito con anterioridad.

Se mostrarán otras características y ventajas de la invención por medio de la descripción que viene a continuación dada a título ilustrativo y no limitativo, hecha en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

35 - la figura 1 ilustra el principio de identificación de los emisores y de geolocalización de un terminal en una red de isofrecuencia según la invención;

- la figura 2 da un ejemplo simple de aplicación del procedimiento según la invención cuando no hay errores de estimaciones;

- la figura 3 da un ejemplo simple de aplicación del procedimiento según la invención en presencia de errores de estimaciones.

40 La figura 1 ilustra el principio de identificación de los emisores y de geolocalización de un terminal en una red de isofrecuencia según la invención.

45 Con el fin de evitar que dos réplicas de señal procedentes de un mismo emisor lleguen al mismo tiempo a la altura del terminal receptor, el procedimiento según la invención se puede implementar para una red SFN en la que los emisores están sincronizados, pero en la que cada emisor transmite la señal con un retardo diferente, siendo un valor predefinido de retardo específico para cada uno de dichos emisores. Estos retardos se llaman retardos o plazos artificiales de aquí en adelante en la descripción. El concepto de retardos artificiales se introdujo en la solicitud de patente FR 1001868.

Con el fin de estimar su posición, un terminal realiza unas mediciones ρ_i de pseudodistancias a partir de señales recibidas procedentes de los diferentes emisores de la red de isofrecuencia. Estas pseudodistancias medidas se pueden describir por medio de la siguiente expresión:

$$\rho_i = h(p, p_i, \tau_i) + n_i \quad \text{con} \quad i \in \{\mathbf{T}\mathbf{x}\} \quad (1)$$

5 En la que:

$p = [x, y]$ corresponde a la posición exacta del terminal receptor;
 $p_i = [x_i, y_i]$ corresponde a la posición del i-ésimo emisor;
 corresponde al retardo artificial asociado al i-ésimo emisor;
 corresponde al ruido que afecta a la medición de pseudodistancia;

10 $h(p, p_i, \tau_i) = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} + c \times \tau_i$ es la función de modelización de la pseudodistancia;
 $\{\mathbf{T}\mathbf{x}\}$ corresponde a la lista de los emisores para los cuales se mide una pseudodistancia.

Basándose en las mediciones ρ_i de pseudodistancias solas, no es posible asociar las señales recibidas a los diferentes emisores. Dicho de otro modo, no es posible identificar qué emisor ha emitido una réplica de señal recibida por el terminal receptor.

15 Con el fin de identificar a los emisores, el procedimiento utiliza, por una parte, las mediciones ρ_i 100 de pseudodistancias y, por otra parte, unos datos 101 de ayuda que permiten identificar la configuración de emisores que corresponden a la colección de pseudodistancias medidas. En efecto, por medio de la introducción de retardos artificiales, solo es posible una combinación emisores/pseudodistancias para una posición dada del terminal. Cada medición de pseudodistancia se asocia, de este modo, sin ambigüedad a un emisor. Es por tanto posible localizar
 20 con precisión el terminal mediante un simple cálculo bien conocido por el experto en la materia, conociendo el terminal las posiciones de los emisores y las pseudodistancias que tiene asociadas.

Se utilizan varios tipos de datos 101 de ayuda. De este modo, el procedimiento utiliza una posición aproximada del receptor y la posición de los emisores cerca del terminal. El suministro de estos datos de ayuda se puede realizar de diferentes maneras. Por ejemplo, las posiciones y los retardos artificiales de los emisores de la red de isofrecuencia
 25 se pueden memorizar en una base de datos accesible por el terminal o bien transmitírselos por radio. En cuanto a la posición aproximada del terminal receptor, esta puede ser el resultado de estimaciones realizadas en GSM o en UMTS. Esta también se puede obtener utilizando la última posición estimada por un módulo GPS antes de que este ya no sea capaz de funcionar correctamente, por ejemplo cuando no dispone de un número suficiente de señales de satélite para efectuar sus estimaciones.

30 En resumen, un receptor dispone por tanto de un conjunto de mediciones 100 de pseudodistancias. Este conoce su posición aproximada así como las características de los emisores que se encuentran en sus proximidades 101, es decir su posición así como los valores de retardos artificiales que tiene asociados.

En la base de estos datos, para cada combinación de asociaciones posibles entre los emisores y las mediciones pseudodistancias, el receptor determina un coste, obteniéndose este coste por medio de una función de coste $v(\cdot)$.

35 A continuación el receptor selecciona una de las combinaciones de emisores posibles. Para ello, se selecciona la combinación de emisores asociada al coste mínimo.

La función de coste es igual, por ejemplo, a la norma del error entre las mediciones de pseudodistancias y un modelo de mediciones aplicado a una permutación de la posición de los emisores.

Una función de coste que se puede utilizar en el marco de la invención viene dada por la siguiente expresión:

$$40 \quad v(\rho_i, \hat{p}, \sigma) = \sum_{i=1}^{card(\sigma)} \left(\rho_i - \sqrt{(\hat{x} - x_i)^2 + (\hat{y} - y_i)^2} - c \times \tau_i \right)^2 \quad (2)$$

en la que:

$\hat{p} = [\hat{x}, \hat{y}]$ representa la posición aproximada del terminal;
 σ representa una de las combinaciones posibles de los emisores de la lista $\{\mathbf{T}\mathbf{x}\}$;
 $card(\sigma)$ representa el cardinal de σ ;
 45 c es una constante que representa la velocidad de la luz.

La posición aproximada del terminal \hat{p} se puede obtener mediante otros medios de posicionamiento. Esta corresponde, por ejemplo, a una estimación GPS anterior realizada antes de entrar en un edificio o a una estimación basada en señales GSM o UMTS.

A modo de observación, si la función de coste $v(\rho_i, \hat{p}, \sigma)$ se calcula para la combinación σ_v correcta, cuando la posición aproximada del terminal es igual a su posición real, es decir cuando $p = \hat{p}$, y partiendo de la hipótesis de que las pseudodistancias se estiman sin error, el coste vale $v(\rho_i, \hat{p}, \sigma) = 0$.

5 La estimación de la mejor combinación emisores-mediciones $\hat{\sigma}$ equivale a un problema de minimización de la función de coste $v(\rho_i, \hat{p}, \sigma)$ tal que:

$$\hat{\sigma} = \underset{\sigma}{\operatorname{arg\,min}} [v(\rho_i, \hat{p}, \sigma)] \quad (3)$$

expresión en la que: $\underset{k}{\operatorname{arg\,min}}(\)$ es una función que indica que la búsqueda del mínimo solo se hace en la variable k.

10 La figura 2 da un ejemplo simple de aplicación del procedimiento según la invención cuando no hay ningún error de estimación. En este ejemplo, dos emisores Tx1 y Tx2 que pertenecen a una red de isofrecuencia son visibles desde un terminal 201 receptor. El primer emisor Tx1 está a una distancia d_1 del terminal y el segundo emisor está a una distancia d_2 del terminal.

15 En este ejemplo, se supone que la posición estimada del terminal es igual a la posición verdadera, es decir $\hat{p} = p$. También se parte de la hipótesis de que las mediciones de pseudodistancias ρ_1 y ρ_2 se obtienen sin error de estimación.

En este ejemplo, existen dos combinaciones de emisores llamadas σ_1 y σ_2 que hay que probar:

20 σ_1 corresponde a la combinación: emisor Tx1 asociado a la pseudodistancia medida ρ_1 y emisor Tx2 asociado a la pseudodistancia medida ρ_2 ;
 σ_2 corresponde a la combinación: emisor Tx2 asociado a la pseudodistancia medida ρ_1 y emisor Tx1 asociado a la pseudodistancia medida ρ_2 .

Considerando los siguientes valores:

- $d_1 = 500$ m, $d_2 = 200$;
- posiciones de los emisores: $x_1 = -400$, $x_2 = 200$, $y_1 = y_2 = 0$;
- posición real del terminal $x = y = 0$ m;
- 25 • posición estimada del terminal $\hat{x} = 0$ m e $\hat{y} = 0$ m, ya que $\hat{p} = p$;
- $c \times \tau_1 = 100$ y $c \times \tau_2 = 0$;
- $\rho_1 = d_2$ y $\rho_2 = d_1$,

30 se obtienen por tanto los dos siguientes costes determinados utilizando la función de coste como la define la expresión (2):

$$v(\rho_i, p, \sigma_1) = 180.000 \quad \text{y} \quad v(\rho_i, p, \sigma_2) = 0 \quad (4)$$

La función de coste se minimiza para la combinación σ_2 , las mediciones de pseudodistancias se asocian por tanto sin ambigüedad a los diferentes emisores de la red de isofrecuencia. Es por tanto posible determinar con precisión la posición del terminal.

35 Se puede señalar que es posible utilizar la identificación de los emisores en una red de isofrecuencia con un objetivo diferente que el de posicionar unos terminales. A título de ejemplo, esta identificación se puede utilizar en el marco de la supervisión de interferencias en el interior del sistema en una red de isofrecuencia con retardos artificiales. De este modo, esto permite determinar qué emisor interfiere en la recepción TV en una zona dada.

40 La figura 3 da un ejemplo simple de aplicación del procedimiento según la invención en presencia de errores de estimaciones.

En este ejemplo, dos emisores Tx1 y Tx2 que pertenecen a una red de isofrecuencia son visibles desde un terminal 301 receptor. El primer emisor Tx1 está a una distancia d'_1 del terminal y el segundo emisor está a una distancia d'_2 del terminal.

45 La posición estimada del terminal 302 no es exacta y es diferente de la posición verdadera, es decir $\hat{p} \neq p$. También se parte de la hipótesis de que las mediciones de pseudodistancias ρ_1 y ρ_2 se obtienen con errores de estimación.

Como en el ejemplo de la figura 2, existen dos combinaciones de emisores σ_1 y σ_2 que hay que probar:

σ_1 corresponde a la combinación: emisor Tx1 asociado a la pseudodistancia ρ_1 medida y emisor Tx2 asociado a

la pseudodistancia ρ_2 medida;
 σ_2 corresponde a la combinación: emisor Tx2 asociado a la pseudodistancia ρ_1 medida y emisor Tx1 asociado a la pseudodistancia ρ_2 medida;

Considerando los siguientes valores:

- 5
- $d_1 = 500$ m, $d_2 = 200$;
 - posiciones de los emisores: $x_1 = -400$, $x_2 = 200$, $y_1 = y_2 = 0$;
 - posición real del terminal: $x = y = 0$ m;
 - posición estimada del terminal $\hat{x} = 20$ m, $\hat{y} = 0$ m;
 - $c \times \tau_1 = 100$ y $c \times \tau_2 = 0$;
- 10
- $\rho_1 = 220$ m y $\rho_2 = 530$ m,

se obtienen por tanto los dos costes determinados utilizando la función de coste de la expresión (2):

$$v(\rho_i, p, \sigma_1) = 212.500 \quad \text{y} \quad v(\rho_i, p, \sigma_2) = 1.700 \quad (5)$$

A pesar de los errores de estimación, la función de coste se minimiza para la combinación σ_2 .

- 15
- A título de ejemplo, es posible estimar el rendimiento de este procedimiento calculando la diferencia entre el segundo valor de coste más bajo y el valor de coste más bajo, es decir el que corresponde a la combinación escogida. Cuando esta diferencia se maximiza, esto que significa que las combinaciones emisores-mediciones se identifican con una baja tasa de error. Esta diferencia se maximiza cuando los retardos artificiales se seleccionan de manera que se rechacen las zonas de ambigüedad fuera de la cobertura de los emisores. Dicho de otro modo,
- 20
- la introducción de retardos artificiales hace que la firma de las mediciones del receptor sea única con respecto a una posición posible.

De manera ventajosa, este procedimiento es robusto incluso cuando los datos de ayuda son de calidad mediocre, como por ejemplo cuando la posición aproximada de los receptores comprende un error del orden de un centenar de metros.

25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de identificación de emisores por un terminal en una red de isofrecuencia que comprende una multitud de emisores, estando dichos emisores sincronizados y emitiendo con un retardo τ_i artificial específico de cada emisor, constanding el procedimiento al menos de:

- 5 - una etapa (100) de adquisición de la posición \hat{P} aproximada del terminal, de la posición p_i de una lista $\{Tx\}$ de emisores cerca del terminal y de los retardos de los retardos τ_i que tiene asociados;
- una etapa (101) de mediciones ρ_i de pseudodistancias entre los emisores y el terminal;
- estando el procedimiento

10 **caracterizado porque** consta, además, de una etapa (102) de asociación de las mediciones ρ_i a los emisores de posiciones p_i conocidas minimizando una función de coste, correspondiendo dicha función de coste $v(\rho_i, \hat{P}, \sigma)$ a la norma del error entre las mediciones ρ_i y un modelo de mediciones de las pseudodistancias aplicado a una permutación de la posición de los emisores σ .

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** consta de una etapa de estimación de la posición afinada del terminal utilizando las posiciones de los emisores y las pseudomediciones que tiene asociadas.

3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** las posiciones p_i y los retardos τ_i artificiales de los emisores se memorizan en una base de datos localizada en el terminal.

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado porque** las posiciones p_i y los retardos τ_i artificiales de los emisores se transmiten al terminal utilizando unos medios de telecomunicaciones.

20 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la adquisición de la posición \hat{P} aproximada del terminal es el resultado de estimaciones realizadas en unos sistemas de radiocomunicaciones como el GSM o el UMTS.

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado porque** la posición aproximada del terminal receptor corresponde a una posición adquirida mediante GPS.

25 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la función de coste corresponde a la siguiente expresión:

$$v(\rho_i, \hat{p}, \sigma) = \sum_{i=1}^{card(\sigma)} \left(\rho_i - \sqrt{(\hat{x} - x_i)^2 + (\hat{y} - y_i)^2} - c \times \tau_i \right)^2$$

en la que:

- 30 ρ_i representa la i-ésima medición de pseudodistancias;
- $\hat{P} = [\hat{x}, \hat{y}]$ representa la posición aproximada del terminal;
- σ representa el conjunto de las combinaciones posibles de los emisores de la lista $\{Tx\}$;
- $card(\sigma)$ representa el cardinal de σ ;
- c es una constante que representa la velocidad de la luz;
- τ_i corresponde al plazo artificial asociado al i-ésimo emisor.

35 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la mejor combinación emisores-mediciones $\hat{\sigma}$ se determina utilizando la expresión:

$$\hat{\sigma} = \underset{\sigma}{arg \min} [v(p, \hat{p}, \sigma)]$$

en la que:

$arg \min_k ()$ es una función que indica que la búsqueda del mínimo solo se hace en la variable k.

40 9. Terminal de telecomunicación que comprende unos medios para recibir unas señales emitidas por los emisores de una red de isofrecuencia, **caracterizado porque** consta de unos medios configurados para implementar el procedimiento de identificación de emisores según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

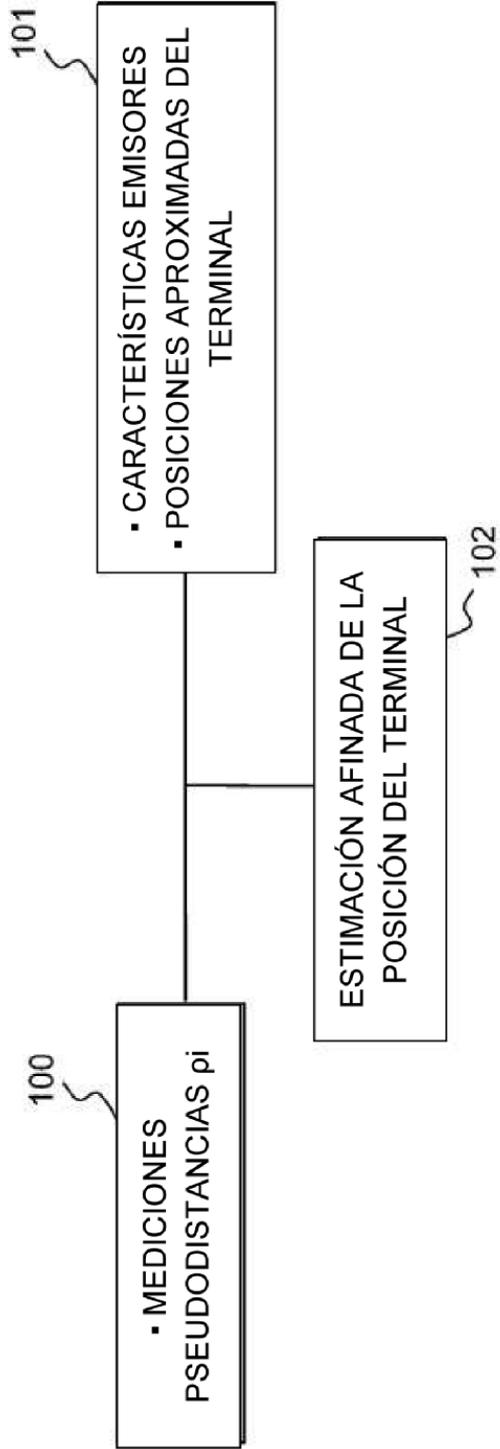


FIG.1

