

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 886**

51 Int. Cl.:

**G01S 19/20** (2010.01)

**G01S 19/42** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015** **E 15160030 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024** **EP 2924467**

54 Título: **Procedimiento de geoposicionamiento con índice de confianza y terminal asociado**

30 Prioridad:

**21.03.2014 FR 1400685**

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

**18.10.2024**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
4 rue de la Verrerie  
92190 Meudon, FR**

72 Inventor/es:

**MONNERAT, MICHEL y  
SERANT, DAMIEN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 982 886 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 geoposicionamiento con índice de confianza y terminal asociado

La presente invención se refiere al campo del geoposicionamiento por satélite. Esta invención se refiere más específicamente a un procedimiento de geoposicionamiento con un índice de confianza.

5 Los dispositivos de geoposicionamiento (o geolocalización) por satélite, conocidos por su nombre completo de sistema de posicionamiento y datación por satélite o sus siglas en inglés GNSS por Global Navigation Satellite System, calculan la posición del terminal receptor midiendo el tiempo de propagación de las señales transmitidas por los satélites de posicionamiento entre los satélites y el terminal receptor. Cada satélite de geoposicionamiento transmite un mensaje codificado que contiene cierta información, incluida su propia posición y el instante exacto en el que se transmitió la  
10 señal. Para estimar su posición, el terminal de geoposicionamiento mide el tiempo transcurrido entre la transmisión y la recepción del mensaje codificado, y deduce la distancia que le separa del satélite. Las mediciones en al menos cuatro satélites proporcionan las distancias necesarias para determinar las tres coordenadas de la posición: latitud, longitud y altitud. Este tipo de medición se conoce como "pseudodistancia" en la terminología GPS.

15 En un entorno denominado restringido, es decir, aquel en el que las condiciones de recepción de la señal GNSS no son favorables, por ejemplo debido a problemas de trayectos múltiples, enmascaramiento o interferencias, la posición estimada por el terminal no siempre es precisa y el usuario no dispone de información sobre la calidad de la posición calculada.

20 Actualmente existe un sistema de aumento GNSS, o SBAS por Satellite Based Augmentation System, que permite mejorar la precisión del GPS por Global Positioning System reduciendo el margen de error del sistema. Este sistema de aumento supervisa el sistema GPS y proporciona al usuario información sobre la calidad de los satélites de posicionamiento, la calidad de la propagación de la señal y los valores de corrección. El objetivo de estos algoritmos es proporcionar al usuario una solución PVT+I (Position, Velocity, Time, Integrity) en la que la integridad se deriva del uso de estimaciones de indicadores de calidad sobre el estado del sistema GNSS, normalmente sobre la órbita-sincronía de los satélites, pero también una estimación del error de propagación causado por la ionosfera. Así, en  
25 lugar de calcular su posición, el usuario calcula la burbuja en la que se encuentra, es decir, su posición más una estimación del error que ha cometido.

30 Una desventaja de este sistema es que fue diseñado para la aviación civil y no funciona correctamente para un usuario en tierra. En tierra, y sobre todo en las zonas urbanas, existen fenómenos locales de propagación que un sistema de vigilancia de la constelación GPS no puede prever y, por tanto, no puede corregir. Los fenómenos de propagación local en entornos urbanos incluyen fenómenos de enmascaramiento o multitrayectoria asociados a la presencia de edificios.

35 El estado de la técnica también incluye un algoritmo RAIM por Receiver Autonomous Integrity Monitoring, capaz de detectar el fallo de un satélite de geoposicionamiento y excluir este satélite averiado para que el receptor GPS ya no tenga en cuenta los datos erróneos que está transmitiendo. La técnica consiste en mezclar todas las señales de geoposicionamiento disponibles para calcular una posición. Gracias a la redundancia de las mediciones, el algoritmo evalúa a continuación la coherencia entre las distintas pseudodistancias calculadas en función del punto estimado. La principal limitación de esta técnica es que requiere un gran número de mediciones. Por lo tanto, no es adecuado para su uso en presencia de enmascaramiento pesado. Los documentos de patente con las referencias EP 1965 219 A1, US2013/0154879 A1 y XP\_56010656A\_I describen diversas aplicaciones basadas en esta técnica.

40 Las tecnologías de tipo "batch" también son conocidas en el estado de la técnica, en particular a partir de una publicación de Mezentsev. Estas tecnologías se han desarrollado con el objetivo de combinar vagamente un sensor inercial con una serie de mediciones GNSS demasiado pequeñas para calcular una posición instantánea. Por tanto, la tecnología pretende propagar la diferencia de posición del usuario entre dos instantes a través del sensor inercial del terminal de geoposicionamiento. A continuación, esta propagación se utiliza para establecer la posición, la  
45 velocidad y el tiempo preciso (PVT por Position, Velocity and precise Time según la terminología anglosajona) de todas las pseudodistancias acumuladas a lo largo del tiempo.

Surge un problema cuando el terminal de geoposicionamiento 10 no está equipado con una unidad inercial.

50 El documento de patente con la referencia WO007/086894 A2 describe un procedimiento de geoposicionamiento por satélite que utiliza mediciones de señales de satélite procedentes de satélites pertenecientes a diferentes constelaciones de satélites.

El objetivo de la presente invención es superar al menos algunas de las desventajas de la técnica anterior proponiendo, en particular, un procedimiento de geoposicionamiento por satélite que proporciona al usuario una indicación de la calidad de la medición de la posición estimada.

55 Con este fin, la invención se refiere a un procedimiento de geoposicionamiento con un índice de confianza implementado por un terminal de geoposicionamiento en el que la posición del terminal se estima utilizando satélites de geoposicionamiento y dicho índice de confianza se proporciona por comparación con al menos una medida de

pseudodistancia adquirida utilizando al menos un satélite de geoposicionamiento adicional diferente de los utilizados para calcular la posición del terminal.

El establecimiento del índice de confianza comprende :

- 5 • Una etapa para estimar la posición del terminal de geoposicionamiento utilizando satélites de geoposicionamiento,
- 10 • una primera etapa de determinación de la posición de dicho terminal para al menos un instante dado  $a$ , siendo dicha posición determinada a partir de señales recibidas de al menos cuatro satélites de geoposicionamiento pertenecientes a una primera constelación; - una segunda etapa de determinación del valor de un índice de confianza, siendo dicho índice de confianza función de la posición de dicho terminal determinada durante la etapa anterior y de al menos una medida de pseudodistancia efectuada a partir de la señal de posicionamiento transmitida por un satélite adicional perteneciente a una segunda constelación distinta de la primera constelación; - una tercera etapa consistente en comparar el valor del índice de confianza determinado durante la segunda etapa con un valor umbral predeterminado, determinando el resultado de la comparación el nivel de confianza atribuido a la determinación de la posición del terminal efectuada mediante los satélites de la primera constelación; la primera etapa consistente en determinar, en un instante  $t_0$ , la posición del terminal que proporciona la posición teórica inicial ( $P_0$ ) del terminal de geoposicionamiento, la segunda etapa del procedimiento propiamente dicho comprende las etapas siguientes: - durante al menos tres instantes correspondientes a otras tantas posiciones sucesivas del terminal: - Una etapa de estimación de la posición del terminal en el instante considerado, por medio de los satélites de la primera constelación; - una etapa de adquisición, para la posición considerada, de una medida de pseudodistancia ( $d$ ) adquirida a partir de la señal de posicionamiento transmitida por dicho al menos un satélite adicional de geoposicionamiento perteneciente a dicha segunda constelación ; - una etapa de cálculo de la diferencia ( $\Delta P$ ) entre la posición inicial ( $P_0$ ) del terminal y la posición de este último determinada, para el instante considerado, por medio de los satélites de la primera constelación ; - una etapa de modificación de la medida de pseudodistancia ( $d$ ) realizada por medio de la diferencia de posición ( $\Delta P$ ) calculada, con el fin de obtener una medida de pseudodistancia corregida ( $d'$ ), correspondiente a la medida de pseudodistancia que habría sido realizada por el terminal si este último hubiera estado localizado, en el instante considerado, en la posición inicial ( $P_0$ ) ; - una etapa de determinación de la posición del terminal a partir de la medida de pseudodistancia adquirida en la posición inicial ( $P_0$ ) y de las al menos tres medidas de pseudodistancia de distancia corregidas ( $d'$ ) obtenidas a partir de la señal de posicionamiento transmitida por el satélite de geoposicionamiento adicional perteneciente a dicha segunda constelación, - una etapa de cálculo del valor de la diferencia entre la posición teórica ( $P_0$ ) del terminal en el instante  $a$  considerar, estimada con ayuda de los satélites de geoposicionamiento pertenecientes a la primera constelación, y la posición teórica del terminal determinada, para el mismo instante, con ayuda de las medidas de pseudodistancia corregidas obtenidas a partir de la señal de posicionamiento transmitida por el satélite de geoposicionamiento adicional perteneciente a dicha segunda constelación ; constituyendo la diferencia entre las posiciones determinadas el índice de confianza asociado a la medida de la posición del terminal en el instante considerado; consistiendo la tercera etapa del procedimiento en la comparación del valor de la diferencia calculada con un valor umbral predeterminado.

Según una realización alternativa, el terminal de geoposicionamiento no tiene unidad inercial.

- 40 Otro objeto de la invención es un terminal de geoposicionamiento que comprende al menos un módulo de cálculo configurado para implementar el procedimiento definido anteriormente.

Otras características y ventajas de la presente invención quedarán más claras al leer la siguiente descripción, que se da a título ilustrativo y no limitativo, y se hace con referencia al dibujo adjunto, en el que :

- 45 • La figura 1 ilustra un primer ejemplo de aplicación del procedimiento según la invención;
- La figura 2 muestra un ejemplo de un segundo procedimiento de aplicación del procedimiento según la invención para dos posiciones diferentes del usuario;

El objeto de la presente invención es un procedimiento de posicionamiento por satélite con un índice de confianza. El principio de la invención consiste en estimar una posición utilizando las señales transmitidas por los satélites de geoposicionamiento visibles desde el terminal de geoposicionamiento y, a continuación, utilizar una medición de pseudodistancia de un satélite no utilizado para el cálculo de la posición para obtener información sobre la precisión de la medición de la posición realizada. Esta información sobre la precisión se denominará posteriormente "índice de confianza".

Por supuesto, para refinar el índice de confianza, puede realizarse un mayor número de mediciones de pseudodistancia.

- 55 En una realización, el satélite o satélites utilizados para establecer el índice de confianza pueden formar parte de una constelación diferente de la utilizada para estimar la posición del terminal de geoposicionamiento. Según un ejemplo no limitativo, la primera constelación para estimar la posición teórica puede ser el sistema GPS y la segunda constelación para establecer el grado de confianza puede ser el sistema Galileo, GLONASS, IRNSS o cualquier otro

sistema equivalente de posicionamiento por satélite. Por supuesto, cualquier combinación de estas constelaciones es posible.

Con referencia a la Figura 1, se presentará un primer modo de implementación.

5 El procedimiento según la invención puede comprender una etapa de estimación de la posición del terminal de geoposicionamiento 10 con la ayuda de satélites de geoposicionamiento 11, una etapa de adquisición de una pseudodistancia 13 con la ayuda de al menos un satélite de geoposicionamiento adicional 12 diferente de los utilizados para estimar la posición del terminal de geoposicionamiento 10, una etapa de cálculo de la distancia geométrica entre la posición teórica estimada y la posición de cada satélite adicional 12 y una etapa de comparación de la diferencia entre al menos una pseudodistancia 13 adquirida y la distancia geométrica calculada, una etapa de cálculo de la distancia geométrica entre la posición teórica estimada y la posición de cada satélite adicional 12 y una etapa de comparación de la diferencia entre al menos una pseudodistancia adquirida y la correspondiente distancia geométrica calculada con un valor umbral predeterminado.

De manera conocida, la estimación de la posición teórica del terminal de geoposicionamiento 10 puede obtenerse demodulando las señales de al menos cuatro satélites de geoposicionamiento 11 visibles desde el terminal 10.

15 Con el fin de validar la posición teórica obtenida y obtener un índice de confianza para la estimación de la posición, el terminal de geoposicionamiento 10 demodula las señales transmitidas por al menos un satélite 12 diferente de las utilizadas para estimar la posición teórica con el fin de obtener una medida de pseudodistancia 13.

20 Conociendo la posición del satélite de geoposicionamiento adicional 12, el terminal de geoposicionamiento 10 puede calcular la distancia geométrica entre la posición teórica estimada del terminal 10 y el satélite de geoposicionamiento adicional 12.

Si se han adquirido varias mediciones adicionales, el terminal de geoposicionamiento 10 medirá tantas distancias geométricas 14 como pseudodistancias 13 se hayan adquirido.

25 La medida de pseudodistancia 13 se compara entonces con la medida geométrica calculada 14. Si la distancia geométrica 14 calculada es diferente de la pseudodistancia 13 adquirida, el terminal de geoposicionamiento 10 puede estimar el error  $\epsilon$  de posición calculando la diferencia entre estas dos mediciones. A continuación, el error  $\epsilon$  se compara con un valor umbral predeterminado. Si el error  $\epsilon$  medido es superior al umbral predeterminado, el índice de confianza se considerará deficiente; en caso contrario, el índice se considerará aceptable.

30 En caso de que el satélite de geoposicionamiento adicional 12 pertenezca a una constelación diferente de la utilizada para establecer la posición teórica, para comparar la distancia geométrica 14 calculada y la pseudodistancia 13 adquirida, se efectuará una corrección de la medición de la pseudodistancia 13 para tener en cuenta la diferencia horaria entre las dos constelaciones. Por ejemplo, cuando se utilizan los sistemas GPS y Galileo, este desfase viene dado por la señal GGTO por GPS Galileo Time Offset.

35 A partir del error  $\epsilon$ , el terminal puede calcular una estimación de la desviación típica del error de posición xPL denominada con el término anglosajón "protection level". De este modo, el terminal de geoposicionamiento 10 estima las coordenadas de un punto correspondiente a su posición y, en función del error de posición  $\epsilon$ , determina el disco 15 en el que se encuentra el usuario.

Con referencia a la figura 2, se muestra un segundo modo de implementación. Esta segunda aplicación corresponde a un modo dinámico.

40 El procedimiento según la invención intenta aportar una solución en el caso en que el usuario esté en movimiento y su terminal de geoposicionamiento 10 no disponga de unidad inercial. Por supuesto, el procedimiento propuesto también puede aplicarse mediante un terminal con unidad inercial.

45 El principio de la invención consistirá en utilizar al menos cuatro satélites de geoposicionamiento 11 para estimar las diferentes posiciones del terminal 10 del usuario en movimiento, y así propagar la posición de dicho usuario. Al menos un satélite adicional 12 distinto de los utilizados para estimar la posición del terminal de geoposicionamiento 10 se utilizará para adquirir medidas de pseudodistancia 13 a medida que el usuario se desplaza.

Este modo de realización puede comprender una etapa de estimación de la posición teórica inicial  $P_0$  del terminal de geoposicionamiento 10 mediante satélites de geoposicionamiento 11 y la adquisición de una medida de pseudodistancia 13 mediante un satélite de geoposicionamiento adicional 12 diferente de los utilizados para estimar la posición del terminal 10.

50 Para al menos tres posiciones adicionales del terminal, el procedimiento puede comprender además una etapa de estimación de la posición teórica del terminal de geoposicionamiento 10 utilizando satélites de geoposicionamiento 11, una etapa de adquisición de una medida de pseudodistancia 13 utilizando el mismo satélite de geoposicionamiento 12 adicional que el utilizado en el momento  $t$ , una etapa de cálculo de la diferencia de posición  $\Delta_P$  con respecto a la

posición inicial  $P_0$  y una etapa de modificación de la medición de la pseudodistancia 13, utilizando la diferencia de posición  $\Delta_P$  calculada, en una medición  $d'$  que se habría realizado en la posición inicial  $P_0$ .

5 El procedimiento puede incluir entonces una etapa de cálculo de la posición utilizando la medición de pseudodistancia adquirida en la posición inicial y las al menos tres mediciones  $d'$  y una etapa de comparación de la diferencia entre la posición teórica  $P_0$  estimada utilizando los satélites de geoposicionamiento 11 y la posición calculada utilizando las mediciones de pseudodistancia con respecto a un valor umbral predeterminado.

10 Con referencia a la figura 2, consideramos un instante  $t$  y una posición inicial  $P_0$  del usuario y por tanto del terminal de geoposicionamiento 10. Como antes, el terminal de geoposicionamiento 10 calcula su posición teórica  $P_0$  demodulando las señales de al menos cuatro satélites de geoposicionamiento 11. A continuación, el terminal 10 adquiere una medida de pseudodistancia  $d_0$  13 utilizando un satélite adicional 12 diferente de los utilizados para calcular la posición teórica. Las dos mediciones se almacenan, por ejemplo, en una zona de memoria del terminal de geoposicionamiento 10.

15 Durante el movimiento del usuario, en el tiempo  $t+dt$ , el terminal de geoposicionamiento 10 estima su nueva posición teórica  $P_1$ . De este modo, el terminal 10 puede calcular la diferencia de posición  $\Delta_P$  entre la nueva posición  $P_1$  y la posición inicial  $P_0$ .

En el instante  $t+dt$ , el terminal 10 adquiere también la medida de pseudodistancia  $d_1$  13 utilizando el mismo satélite adicional 12 que en el instante  $t$ . Gracias a la diferencia de posición  $\Delta_P$  calculada, el terminal 10 puede relacionar esta nueva medición de pseudodistancia  $d_1$  13 con una medición  $d_1$  que se habría realizado en la posición  $P_0$ .

20 Cuando el usuario se desplaza, el satélite adicional 12 también se ha desplazado a una nueva posición conocida por el terminal de geoposicionamiento 10. Reducir la medida de pseudodistancia  $d_1$  a una medida  $d'_1$  que se habría tomado en la posición  $P_0$  equivale a actuar como si el usuario no se hubiera movido y sólo se hubiera movido el satélite de geoposicionamiento adicional 12. Esto equivale a considerar que un usuario estático hubiera adquirido una segunda medida de pseudodistancia hacia un satélite de geoposicionamiento virtual.

25 Si esta operación se repite al menos dos veces, se obtienen al menos cuatro medidas de pseudodistancia hacia satélites virtuales, lo que permite calcular las coordenadas de la posición inicial  $P_0$ .

A continuación, esta posición se compara con la posición teórica  $P_0$  estimada en el instante  $t$ . Si la diferencia entre las dos mediciones es superior a un umbral predeterminado, se considera que el índice de confianza es bajo. Por lo demás, este índice se considera aceptable.

30 En este segundo modo de realización del procedimiento según la invención, a partir de un único satélite de geoposicionamiento 12, se sintetiza un grupo de satélites de geoposicionamiento ficticios para poder calcular una posición.

35 La presente invención también se refiere a un terminal de geolocalización por satélite 10 capaz de implementar el procedimiento según la invención. Este terminal puede tener al menos un módulo de recepción capaz de recibir al menos una señal electromagnética transmitida por los satélites de geolocalización 11, 12, al menos un módulo de cálculo y al menos una zona de memoria. El módulo de cálculo puede comprender un procesador configurado o programado para aplicar el procedimiento según la invención.

Según una realización particular, el terminal de geoposicionamiento 10 que implementa el procedimiento según la invención puede comprender una unidad inercial.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de geoposicionamiento con determinación de un índice de confianza, implementado por un terminal de geoposicionamiento (10), comprendiendo el procedimiento:

- 5 - una primera etapa de determinación de la posición de dicho terminal para al menos un instante dado  $t_0$ , determinándose dicha posición a partir de señales recibidas de al menos cuatro satélites de geoposicionamiento (11) pertenecientes a una primera constelación;
- una segunda etapa de determinación del valor de un índice de confianza, siendo dicho índice de confianza función de la posición de dicho terminal determinada durante la etapa anterior y de al menos una medida de pseudodistancia (13) efectuada a partir de la señal de posicionamiento transmitida por un satélite adicional (12) perteneciente a una segunda constelación distinta de la primera constelación;
- 10 - una tercera etapa de comparación del valor del índice de confianza determinado durante la segunda etapa con un valor umbral predeterminado, determinando el resultado de la comparación el nivel de confianza atribuido a la determinación de la posición del terminal (10) efectuada mediante los satélites (11) de la primera constelación;
- 15 la primera etapa de determinación, en un instante  $t_0$ , de la posición del terminal (10) que proporciona la posición teórica inicial ( $P_0$ ) del terminal de geoposicionamiento (10), la segunda etapa del procedimiento propiamente dicho comprende las siguientes etapas :

- durante al menos tres instantes correspondientes a otras tantas posiciones sucesivas del terminal (10):

- 20 - Una etapa de estimación de la posición del terminal (10) en el instante considerado, efectuada por medio de los satélites (11) de la primera constelación;
- una etapa de adquisición, para la posición considerada, de una medida de pseudodistancia (13) (d) realizada a partir de la señal de posicionamiento transmitida por dicho al menos un satélite de geoposicionamiento adicional (12) perteneciente a dicha segunda constelación;
- 25 - una etapa de cálculo de la diferencia ( $\Delta_P$ ) entre la posición inicial ( $P_0$ ) del terminal y la posición de este último determinada, para el instante considerado, por medio de los satélites (11) de la primera constelación;
- una etapa de modificación de la medida de pseudodistancia (13) (d) realizada mediante la diferencia de posición ( $\Delta_P$ ) calculada, con el fin de obtener una medida de pseudodistancia corregida ( $d'$ ), correspondiente a la medida de pseudodistancia que habría realizado el terminal (10) si el terminal se hubiera localizado, en el instante considerado, en la posición inicial ( $P_0$ );
- 30 - una etapa de determinación de la posición del terminal (10) a partir de la medida de pseudodistancia adquirida en la posición inicial ( $P_0$ ) y de al menos tres medidas de pseudodistancia corregidas ( $d'$ ) obtenidas a partir de la señal de posicionamiento transmitida por el satélite de geoposicionamiento adicional (12) perteneciente a dicha segunda constelación,
- 35 - una etapa de cálculo del valor de la diferencia entre la posición teórica ( $P_0$ ) del terminal en el instante  $t_0$  considerado, estimada con ayuda de los satélites de geoposicionamiento (11) pertenecientes a la primera constelación, y la posición teórica del terminal determinada, para el mismo instante, con ayuda de las medidas de pseudodistancia corregidas obtenidas a partir de la señal de posicionamiento transmitida por el satélite de geoposicionamiento adicional (12) perteneciente a dicha segunda constelación ; constituyendo la diferencia entre las posiciones determinadas el índice de confianza asociado a la medida de la posición del terminal (10) en el instante considerado;
- 40

la tercera etapa del procedimiento consiste en comparar el valor de la diferencia calculada con un valor umbral predeterminado.

45 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el terminal de geoposicionamiento (10) carece de unidad inercial.

3. Terminal de geoposicionamiento, **caracterizado porque** comprende al menos un módulo de cálculo configurado para implementar el procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

