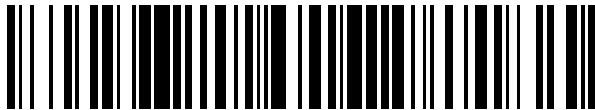


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 692 175**

(21) Número de solicitud: 201730749

(51) Int. Cl.:

G01B 15/04 (2006.01)
B64G 3/00 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

31.05.2017

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

30.11.2018

(71) Solicitantes:

UNIVERSITAT POLITÉCNICA DE CATALUNYA (100.0%)
Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES

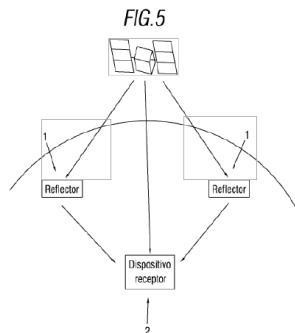
(72) Inventor/es:

BROQUETAS IBARS, Antonio;
MARTIN FUSTER, Roger;
FERNÁNDEZ USÓN, Marc y
GRIMALDO SÁNCHEZ, Germán Angel

(54) Título: **SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE ÓRBITAS DE SATÉLITES**

(57) Resumen:

Sistema y procedimiento para la determinación de órbitas de satélites que permite que a partir de, por un lado, la recepción de la señal transmitida por un elemento reflector y, por otro lado, la señal transmitida directamente del satélite y/o la señal del satélite transmitida por otro elemento reflector, se realice una recepción homodina y/o heterodina de las señales recibidas y se obtenga, a través de un módulo de procesado digital de datos, un conjunto de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica de las señales recibidas.



DESCRIPCIÓN**SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE ÓRBITAS DE SATÉLITES****Campo de la técnica**

5 La presente invención hace referencia a un sistema y un procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configurados para emitir una señal de radio frecuencia de tal manera que permite tener monitorizadas las posiciones en cualquier instante del tiempo en forma precisa de uno o varios satélites en cualquier instante de tiempo.

10 Estado de la Técnica anterior

Existen una pluralidad de sistemas y procedimientos para la determinación de órbitas de satélites en el estado de la técnica.

15 Sin embargo, el problema común de estos sistemas y procedimientos existentes es que aquellos que ofrecen una buena precisión en relación a la determinación de las órbitas de los satélites pueden conllevar una implantación de los elementos que configuran el sistema a nivel intercontinental, estando alguno de dichos elementos situados en diferentes continentes de la Tierra, y aquellos que implican unas dimensiones más reducidas conllevan una menor
20 precisión en la determinación de las órbitas de los satélites.

Además, algunos de los sistemas son activos en el sentido de que necesitan que parte de sus elementos estén a bordo del propio satélite y/o necesitan intercomunicación entre el satélite y el sistema terrestre.

25

Explicación de la invención

La presente invención tiene como principal finalidad dar solución a todos los inconvenientes mencionados anteriormente.

30

En consecuencia, la presente invención ha de ofrecer un sistema y un procedimiento para la determinación de órbitas de satélites con una buena precisión de la posición del satélite, que tal y como se verá se logra a partir de la fase interferométrica, un sistema compacto que no necesite de grandes espacios para su aplicación y un sistema pasivo en el sentido que no
35 implica ninguna intercomunicación y/o control sobre el satélite y sin necesidad de que el

mismo operador de satélites pueda detectar que hay un usuario del sistema determinando la órbita de uno de sus satélites.

El sistema para la determinación de órbitas de satélites configurados para emitir una señal de radio frecuencia comprende por lo menos un elemento reflector y un dispositivo receptor.

Preferiblemente, las órbitas a determinar son geoestacionarias o geosíncronas y/o los satélites iluminan una determinada área de la Tierra para ofrecer un determinado servicio de telecomunicaciones.

10

El elemento reflector está configurado para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite y para transmitir señales. Preferiblemente, el elemento reflector comprende una antena configurada para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite y una antena configurada para transmitir señales. Preferiblemente, los elementos reflectores se encuentran separados a distancias diferentes respecto del dispositivo receptor.

En una realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención, el elemento reflector comprende además un amplificador configurado para amplificar la señal recibida por el elemento reflector antes de transmitirla, permitiendo cubrir una mayor área de alcance y dimensionar en un tamaño más reducido el sistema para la determinación de órbitas de satélites.

En otra realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención, el elemento reflector es del tipo activo y/o del tipo pasivo, preferiblemente en el caso de tipo pasivo de un elemento natural y/o de oportunidad previamente existente en el entorno, como pueden ser: esquinas de edificios, estructuras metálicas, reduciéndose así los costes económicos del sistema para la determinación de órbitas de satélites.

30 El dispositivo receptor comprende por lo menos una primera antena, una segunda antena, un dispositivo de recepción homodina y/o un dispositivo de recepción heterodina, y un módulo de procesado digital de datos, estando las antenas con el dispositivo de recepción homodina y/o con el dispositivo de recepción heterodina, el dispositivo de recepción homodina y/o el dispositivo de recepción heterodina con el módulo de procesado digital de datos, en comunicación de señales a través de medios de transmisión y/o recepción adaptados para tal comunicación.

La primera antena está configurada para recibir la señal transmitida por el elemento reflector.

La segunda antena está configurada para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite o la señal emitida por otro elemento reflector.

5

El dispositivo de recepción homodina comprende por lo menos un demodulador coherente configurado para trasladar la señal recibida por las antenas o la combinación de las señales recibidas a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.

10

El dispositivo de recepción heterodina comprende por lo menos un dispositivo de traslación a frecuencia intermedia configurado para trasladar la señal recibida por las antenas o la combinación de las señales recibidas a frecuencia intermedia, preferiblemente un valor por debajo de la frecuencia portadora de la señal recibida por las antenas, y un demodulador coherente configurado para trasladar la señal de frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.

15

El módulo de procesado digital de datos está configurado para digitalizar las componentes en fase y cuadratura, filtrar las señales digitales en la banda de trabajo en banda base del satélite y obtener por lo menos una fase interferométrica a partir de la correlación compleja cruzada de las señales digitales filtradas y/o de la autocorrelación compleja de una señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales.

20

Preferiblemente, la digitalización del módulo de procesado digital de datos se basa en una cuantificación a 2 niveles.

25

Se ha de señalar que cuando se habla de correlación compleja cruzada o de autocorrelación compleja no se refiere a toda la correlación o autocorrelación con todos los desplazamientos sino a unos desplazamientos concretos hasta conseguir alinear en el tiempo las dos señales a correlar acorde con la línea de base de la que se deseen obtener datos.

30

Asimismo, el módulo de procesado digital de datos está configurado para que, una vez ha obtenido la fase interferométrica, resuelva la ambigüedad absoluta y relativa de dicha fase interferométrica y, obtenga un conjunto de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de dicha fase interferométrica sin ambigüedad y de una técnica de corrección diferencial.

Se ha de señalar que la fase interferométrica se obtiene en módulo 2π , conllevando ello una ambigüedad relativa y absoluta. La ambigüedad relativa se produce cuando a medida que varía en el tiempo, el valor de la fase interferométrica supera el rango 2π y la ambigüedad absoluta se produce por el desconocimiento del número de ciclos completos.

La ambigüedad relativa se resuelve aplicando el equivalente de la fase interferométrica dentro del rango 2π y evitando discontinuidades abruptas del orden 2π , por lo que se acaba obteniendo una función continua. En este sentido, se pueden utilizar métodos para la resolución de esta ambigüedad conocidos en el estado de la técnica como por ejemplo los definidos en K. Itoh, "Analysis of the phase unwrapping problem, Applied Optics, Vol. 21, No. 14, p. 2470, July 15, 1982".

La ambigüedad absoluta se puede resolver a través de los siguientes métodos, definidos en Landau H. et al, 1992, "On-the-fly Ambiguity Resolution for Precise Differential Positioning, ION'92"; Lachapelle G. et al, 1992, "Ambiguity Resolution on the Fly: a Comparison of P Code and High Performance C/A Code Receiver Technologies", "University of Calgary", Canada, ION'92; y Erickson C. et al, 1992, "An analysis of Ambiguity Resolution Techniques for Rapid Static GPS Surveys Using Single Frequency Data", University of Calgary, Canada, ION'92. Sin embargo, tal y como se verá más adelante, se puede aplicar un procedimiento concreto que permite resolver esta ambigüedad a partir de solamente la propia fase interferométrica y un vector inicial de estado del satélite arbitrario.

En relación al conjunto de elementos orbitales, se pueden considerar como tales, preferiblemente los definidos en Vallado, David A., "Fundamentals of Astrodynamics and Applications, Microcosm Press, 2013", Capítulo 2, Sección 2.4: "Satellite state representations", "Clasical orbital elements (Keplerian)", "Equinoctial elements", "Flight elements", "Geographic elements", etc.

El vector de estado del satélite se define como aquel vector de 6 dimensiones que incluye la posición (3 dimensiones) y la velocidad del satélite (3 dimensiones) en una época determinada.

Entre las técnicas de corrección diferencial se pueden utilizar las denominadas "Least squares" y "Kalman filter" así como otras que se pueden encontrar definidas en Vallado, David

A., "Fundamentals of Astrodynamics and Applications, Microcosm Press, 2013", Capítulo 10, "Orbit determination and estimation".

En una realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites según
5 la invención, el dispositivo receptor comprende por lo menos tantos dispositivos de recepción homodina y/o de recepción heterodina como antenas dispone el dispositivo receptor de tal manera que cada antena está en comunicación de señales con un dispositivo de recepción homodina y/o de recepción heterodina, y cada dispositivo de recepción homodina y/o de recepción heterodina está en comunicación de señales con el módulo de procesado digital de
10 datos.

En esta realización preferente, cada dispositivo de recepción homodina comprende por lo menos un demodulador coherente configurado para trasladar la señal recibida por la correspondiente antena a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base y/o, cada dispositivo de recepción heterodina comprende por lo menos
15 un dispositivo de translación a frecuencia intermedia configurado para trasladar la señal recibida por la correspondiente antena a frecuencia intermedia y un demodulador coherente para trasladar la señal de frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.

Preferiblemente, los demoduladores coherentes del dispositivo de recepción homodina
20 utilizan un mismo primer reloj de referencia y/o los demoduladores coherentes del dispositivo de recepción heterodina utilizan un mismo segundo reloj de referencia. En concreto, el primer reloj de referencia se genera utilizando un primer PLL en combinación con una señal sinusoidal de referencia a baja frecuencia, preferiblemente entre 1 MHz y 100 MHz y/o el segundo reloj de referencia se genera utilizando un segundo PLL en combinación con esta
25 señal sinusoidal de referencia a baja frecuencia.

Además, el módulo de procesado digital de datos está configurado para digitalizar cada una de las componentes en fase y cuadratura obtenida por cada demodulador coherente, filtrar para cada señal digital la banda de trabajo en banda base del satélite y obtener las fases interferométricas a partir de la correlación compleja cruzada de por lo menos 2 de las señales
30 digitales (se ha de señalar que cada señal digital procede de una antena del dispositivo receptor). Una vez obtenidas las fases interferométricas, el módulo de procesado digital de datos resuelve la ambigüedad absoluta y relativa de dichas fases interferométricas y obtiene un conjunto de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de dicha fase interferométrica sin ambigüedad y de una técnica de corrección diferencial.

Preferiblemente, se obtienen las fases interferométricas a partir de tantas correlaciones complejas cruzadas como líneas de base tenga el sistema. La precisión del sistema de determinación de órbitas de satélites según la invención aumenta con el número de líneas de base.

- 5 En otra realización preferente del sistema de determinación de órbitas de satélites según la invención, el dispositivo receptor comprende además un combinador de señales configurado para combinar las señales recibidas por las antenas de tal manera que el dispositivo de recepción homodina que comprende por lo menos un demodulador coherente está configurado para trasladar la señal combinada a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base, y/o que el dispositivo de recepción heterodina que comprende por lo menos un dispositivo de translación a frecuencia intermedia está configurado para trasladar la señal combinada a frecuencia intermedia y un demodulador coherente para trasladar la señal combinada a frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
- 10
- 15 En esta realización preferente, el módulo de procesado digital de datos está configurado para obtener la fase interferométrica a partir de la autocorrelación compleja entre la señal digital filtrada y la señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales siendo esta señal digital la procedente de la digitalización de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
- 20 Preferiblemente, se obtienen las fases interferométricas a partir de tantas autocorrelaciones complejas como líneas de base tenga el sistema.

Esta realización preferente del sistema de determinación de órbitas de satélites según la invención es más eficiente en lo que se refiere a elementos de hardware y de sincronización puesto que se trabaja con una sola señal en banda base.

- 25 Es objeto de la presente invención también, un procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configurados para emitir una señal de radio frecuencia, a partir de un sistema para la determinación de órbitas de satélites que comprende por lo menos un elemento reflector y un dispositivo receptor que comprende por lo menos una primera antena, una segunda antena, un dispositivo de recepción homodina y/o un dispositivo de recepción heterodina y un módulo de procesado digital de datos, comprendiendo dicho procedimiento los siguientes pasos:
- 30

- Adquisición de las señales de radio frecuencia emitida por el satélite por los elementos reflectores y envío de dichas señales al dispositivo receptor;

- Recepción por una de las antenas de la señal transmitida por un elemento reflector y por la otra antena de la señal transmitida por otro elemento reflector o bien de la señal de radio frecuencia emitida por el satélite;
 - Recepción homodina, a través del dispositivo de recepción homodina, que incluye los siguientes subpasos:
 - o Demodulación coherente de la señal recibida por las antenas o de la combinación de las señales recibidas por las antenas a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base; y/o
- 10 - Recepción heterodina, a través del dispositivo de recepción heterodina, que incluye los siguientes subpasos:
- o Traslación a frecuencia intermedia de la señal recibida por las antenas o de la combinación de las señales recibidas por las antenas;
 - o Demodulación coherente de la señal a frecuencia intermedia a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
- 15 - Digitalización de las componentes en fase y cuadratura obtenidas, a través del módulo de procesado digital de datos;
- 20 - Filtraje de la señal digital en la banda de trabajo en banda base del satélite, a través del módulo de procesado digital de datos;
- 25 - Obtención de la correlación compleja cruzada de las señales digitales filtradas y/o de la autocorrelación compleja de una señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales, a través del módulo de procesado digital de datos;
- 30 - Obtención de la fase interferométrica de dicha correlación compleja, a través del módulo de procesado digital de datos;
- Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica, a través del módulo de procesado digital de datos;
- Obtención de un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica y de una técnica de corrección diferencial, a través del módulo de procesado digital de datos.

En una realización preferente del procedimiento para la determinación de órbitas de satélites según la invención, en el que el sistema para la determinación de órbita de satélites comprende tantos dispositivos de recepción homodina y/o de recepción heterodina como antenas dispone el dispositivo receptor de tal manera que cada antena está en comunicación de señales con un dispositivo de recepción homodina y/o de recepción heterodina y, cada

dispositivo de recepción homodina y/o de recepción heterodina está en comunicación de señales con el módulo de procesado digital de datos, y en los pasos del procedimiento de:

- Recepción homodina que incluye los subpasos:
 - o Demodulación coherente, se demodulan coherentemente cada una de las señales recibidas por las antenas a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura, se obtienen las componentes en fase y cuadratura de cada señal en banda base; y/o

Recepción heterodina, que incluye los siguientes subpasos:

- o Traslación a frecuencia intermedia, se trasladan cada una de las señales recibidas por las antenas a frecuencia intermedia;
- o Demodulación coherente, se demodulan coherentemente cada una de las señales a frecuencia intermedia;
- o Obtención de las componentes en fase y cuadratura, se obtienen las componentes en fase y cuadratura de cada señal en banda base.

- Digitalización, se digitalizan cada una de las componentes en fase y cuadratura obtenidas;
- Filtraje, se filtran las señales digitales en la banda de trabajo en banda base del satélite;
- Obtención de la correlación compleja cruzada, se obtiene la correlación compleja cruzada de por lo menos dos señales digitales;
- Obtención de la fase interferométrica, se obtiene la fase interferométrica de dicha correlación compleja;
- Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa, se resuelve la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica;
- Obtención de un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite, se obtiene un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica y de una técnica de corrección diferencial.

En otra realización preferente del procedimiento para la determinación de órbitas de satélites según la invención, en el que el sistema para la determinación de órbitas de satélite comprende además un combinador de señales, dicho procedimiento comprende los siguientes pasos:

- Adquisición de las señales de radio frecuencia emitida por el satélite por los elementos reflectores y envío de dichas señales al dispositivo receptor;
- Recepción por una de las antenas de la señal transmitida por un elemento reflector y por la otra antena de la señal transmitida por otro elemento reflector o bien de la señal de radio frecuencia emitida por el satélite;
- Combinación de las señales recibidas por las antenas a través del combinador de señales;
- Recepción homodina, a través del dispositivo de recepción homodina, que incluye los siguientes subpasos:
 - o Demodulación coherente de la señal combinada a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base; y/o

Recepción heterodina, a través del dispositivo de recepción heterodina, que incluye los siguientes subpasos:

- o Traslación a frecuencia intermedia de la señal combinada;
- o Demodulación coherente de la señal a frecuencia intermedia a banda base;
- o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
- Digitalización de las componentes en fase y cuadratura obtenidas;
- Filtraje de la señal digital en la banda de trabajo en banda base del satélite;
- Obtención de la autocorrelación compleja de la señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales;
- Obtención de la fase interferométrica de dicha autocorrelación compleja;
- Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica;
- Obtención de un conjunto completo de elemento orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica sin ambigüedad absoluta y relativa y de una técnica de corrección diferencial.

Según lo comentado anteriormente, para la resolución de la ambigüedad absoluta de la fase interferométrica, aparte de los métodos mencionados, existe la posibilidad de utilizar un procedimiento concreto. Este método se basa en utilizar las fases interferométricas obtenidas y un vector inicial de estado del satélite arbitrario.

Este procedimiento de resolución de la ambigüedad absoluta de la fase interferométrica comprende las siguientes pasos:

- Determinación de un vector de estado inicial de forma arbitraria $\mathbf{x}_0 = (\mathbf{r}_0, \mathbf{v}_0)$ (en el que \mathbf{r}_0 y \mathbf{v}_0 simbolizan los vectores de posición y velocidad del satélite);
- Obtención del número de ciclos inicial $\mathbf{K}_0 = (k_{01}, k_{02}, \dots, k_{0i}, \dots, k_{0n})$ para cada línea de base, siendo n el número de líneas de base.

5 Para la obtención del número de ciclos inicial, se ha de señalar que la relación matemática que existe entre la fase interferométrica de las señales captadas por las antenas i o j y la posición del satélite respecto a dichas antenas (pudiendo ser tanto las antenas de los reflectores como las antenas del dispositivo receptor que reciben la señal de radiofrecuencia directamente del satélite) es la siguiente:

10

$$\phi_{ij} = \text{mod}2\pi [(2\pi/\lambda) (|\mathbf{r}_i| - |\mathbf{r}_j|)]$$

donde λ es la longitud de onda de la señal del satélite, r_i es la distancia del satélite a la antena i , r_j es la distancia del satélite a la antena j .

- 15 - Obtención para cada línea de base de un vector de fases interferométricas φ_{rawi} formado por el valor de la fase interferométrica en diferentes instantes de tiempo ($\varphi_i(n)$) y al que se le ha sumado la componente correspondiente del vector \mathbf{K}_0 de tal manera que $\varphi_{rawi}(n) = \varphi_i(n) + 2\pi k_{0i}$
- 20 - Obtención del vector de fases interferométricas φ'_{ij} en el que $\varphi'_{ij}(n) = \varphi_{rawi}(n) + 2\pi k_{ji}$, y en el que $k_{ji} = (-L, -L+1, \dots, 0, L-1, L)$ en el que L es un número entero;
- Obtención de un vector de estado inicial \mathbf{x}_{0j} para cada k_{ji} a partir del algoritmo de mínimos cuadrados, que aparece ampliamente descrito en Vallado, David A., Fundamentals of Astrodynamics and Applications, Microcosm Press, 2013, Capítulo 10: "Orbit determination and estimation"
- 25 - Obtención de una matriz de vectores de estado inicial $\mathbf{X}_0 = (x_{0-k}, \dots, x_{00}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0k})$
- Propagación de cada uno de los vectores x_{0j} para los instantes de tiempo en los que se han obtenido los valores de la fase interferométrica ($\varphi_i(n)$)
- Obtención para cada vector propagado de la fase interferométrica estimada $\varphi''_i(n)$, obteniéndose un vector de fases interferométricas estimadas φ''_i
- 30 - Obtención del vector de ciclos completos (k) que hace mínimo el error cuadrático entre el vector de fases interferométricas estimadas φ''_i y el vector de fases interferométricas φ'_{ij} .

Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que deben considerarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

- 5 - La fig. 1 representa una vista esquemática de una realización preferente de un sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención;
- la fig. 2 muestra una vista esquemática de otra realización preferente de un sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención;
- la fig. 3 ilustra una vista esquemática de un dispositivo receptor de una realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención;
- 10 - la fig. 4 representa una vista esquemática de un dispositivo receptor de otra realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención;
- la fig. 5 muestra una vista esquemática de un ejemplo de realización del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención.

15

Descripción detallada de un ejemplo de realización

El sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención comprende por lo menos un elemento reflector (1) y un dispositivo receptor (2).

20

El elemento reflector (1) está configurado para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite y para transmitir señales.

Tal y como se ha comentado anteriormente, el dispositivo receptor (2) del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención necesita recibir por lo menos dos señales de radiofrecuencia, en la que una de ellas ha de proceder de un elemento reflector (1) y otra de ellas ha de proceder de otro elemento reflector (1), estando los elementos reflectores (1) preferiblemente separados a distancias diferentes respecto del dispositivo receptor (2), o bien una de ellas ha de proceder de un elemento reflector (1) y otra de ellas directamente del satélite.

En este sentido, la Fig. 1 representa una vista esquemática de una realización preferente de un sistema para la determinación de órbitas de satélites que dispone de dos elementos reflectores (1) y un dispositivo receptor (2).

35

Los elementos reflectores (1) están configurados para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia $s(t)$ emitida por el satélite y para transmitir dicha señal de radio frecuencia $s(t)$ o la amplificación de la misma $s'(t)$ o $s''(t)$ hacia el dispositivo receptor (2).

- 5 En esta realización preferente, los elementos reflectores (1) disponen de una antena (3) configurada para recibir la señal de radio frecuencia $s(t)$ emitida por el satélite y una antena (4) configurada para transmitir la señal de radio frecuencia $s(t)$ o la amplificación de la misma $s'(t)$ o $s''(t)$ hacia el dispositivo receptor (2).
- 10 Preferiblemente, los elementos reflectores (1) comprenden un amplificador (5) configurado para amplificar la señal de radio frecuencia $s(t)$.

En consecuencia, en esta realización preferente, el dispositivo receptor (2) recibe las señales transmitidas ($s'(t)$, $s''(t)$) por dos elementos reflectores (1).

- 15 En la Fig. 2 se muestra una vista esquemática de una realización preferente de un sistema para la determinación de órbitas de satélites que dispone de un elemento reflector (1) y un dispositivo receptor (2).
- 20 El elemento reflector (1) está configurado para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia $s(t)$ emitida por el satélite y para transmitir dicha señal de radio frecuencia $s(t)$ o la amplificación de la misma $s'(t)$ hacia el dispositivo receptor (2).
- 25 En esta realización preferente, el elemento reflector (1) dispone de una antena (3) configurada para recibir la señal de radio frecuencia $s(t)$ emitida por el satélite y una antena (4) configurada para transmitir la señal de radio frecuencia $s(t)$ o la amplificación de la misma $s'(t)$ hacia el dispositivo receptor (2).
- 30 Preferiblemente, el elemento reflector (1) comprende un amplificador (5) configurado para amplificar la señal de radio frecuencia $s(t)$.

En esta realización preferente, el dispositivo receptor (2) recibe la señal transmitida $s'(t)$ del elemento reflector (1) y la señal de radio frecuencia $s(t)$ emitida por el satélite.

- 35 En otras realizaciones preferentes, el sistema para la determinación de órbitas de satélites puede comprender una pluralidad de elementos reflectores (1) y el dispositivo receptor (2)

puede recibir por lo menos dos de las señales transmitidas por los elementos reflectores (1) o bien por lo menos una de las señales transmitidas por un elemento reflector (1) y la señal de radio frecuencia s(t) emitida por el satélite.

5 En la Fig. 3 se ilustra un dispositivo receptor (2) de una realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención, en el que el dispositivo receptor (2) comprende tres antenas (7) en el que una de ellas está configurada para recibir la señal transmitida por un elemento reflector (1) y las otras dos antenas (7) están configuradas para recibir la señal transmitida por otros elementos reflectores (1) o bien en el que una de las
10 10 antenas (7) está configurada para recibir la señal transmitida por un elemento reflector (1) y de las otras dos antenas (7), una de ellas está configurada para recibir la señal transmitida por otro elemento reflector (1) y la otra de ellas está configurada para recibir la señal de radio frecuencia emitida por el satélite.

15 Cada señal recibida por cada una de las antenas (7) se transmite a un dispositivo de recepción homodina (8) que comprende por lo menos un demodulador coherente configurado para trasladar la señal a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base. En este caso concreto, se obtienen 3 componentes en fase y 3 componentes en cuadratura.

20 20 En otra realización preferente, cada señal recibida por cada una de las antenas (7) se transmite a un dispositivo de recepción heterodina que comprende por lo menos un dispositivo de translación a frecuencia intermedia configurado para trasladar la señal recibida por las antenas a frecuencia intermedia y un demodulador coherente configurado para trasladar la
25 señal de frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.

El módulo de procesado digital de datos (10) está configurado para digitalizar cada una de las componentes en fase y cuadratura obtenida por cada dispositivo de recepción homodina (8),
30 30 filtrar para cada señal digital la banda de trabajo en banda base del satélite y obtener por lo menos una fase interferométrica a partir de la correlación compleja cruzada de las señales digitales filtradas. En esta realización preferente en la que el módulo de procesado digital de datos recibe las componentes en fase y cuadratura de 3 señales en banda base, podrían darse hasta 3 tipos de correlaciones complejas cruzadas al existir 3 antenas, siendo como
35 35 mínimo necesario obtener la fase interferométrica de una de dichas correlaciones complejas cruzadas.

Este módulo de procesado digital de datos (10) está configurado para que una vez se ha obtenido por lo menos una fase interferométrica, resuelva la ambigüedad absoluta y relativa de dicha fase interferométrica y obtenga un conjunto de elementos orbitales y/o un vector de 5 estado del satélite a partir de dicha fase interferométrica sin ambigüedad y de una técnica de corrección diferencial.

En esta realización preferente, los dispositivos de recepción homodina (8) utilizan un mismo reloj de referencia generado preferiblemente con un PLL en combinación con una señal 10 señal sinusoidal de referencia a baja frecuencia.

Una realización preferente del procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configurados para emitir una señal de radiofrecuencia según la invención, a partir de la realización preferente de un sistema para la determinación de órbitas de satélite que 15 comprende por lo menos dos elementos reflectores (1) y un dispositivo receptor (2) según el de la Fig. 3, comprende dicho procedimiento los siguientes pasos:

- Adquisición de las señales de radio frecuencia emitida por el satélite por los elementos reflectores (1) y envío de dichas señales al dispositivo receptor (2);
- Recepción por una de las antenas (7) de la señal transmitida por un elemento reflector (1) y por las otras dos antenas (7) de las señales transmitidas por los otros elementos reflectores (1) o bien, recepción por una de las antenas (7) de la señal transmitida por un elemento reflector (1) y por otra de las dos antenas (7) de la señal transmitida por otro elemento reflector (1) y por la otra de las dos antenas (7) de la señal de radio frecuencia emitida por el satélite.
- Recepción homodina, a través del dispositivo de recepción homodina, que incluye los siguientes subpasos:
 - i. Demodulación coherente de cada señal recibida por las antenas a banda base;
 - ii. Obtención de las componentes en fase y cuadratura de cada señal en banda base; y/o
- Digitalización de las componentes en fase y cuadratura obtenidas, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
- Filtraje de cada señal digital en la banda de trabajo en banda base del satélite, a través del módulo de procesado digital de datos (10);

- Obtención de la correlación compleja cruzada de por lo menos dos señales digitales, a través del módulo de procesado digital de datos (10), a través del módulo de procesado digital de datos (10);
 - Obtención de la fase interferométrica de dicha correlación compleja cruzada, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
 - Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
 - Obtención de un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica y de una técnica de corrección diferencial, a través del módulo de procesado digital de datos (10).
- 5
- 10

En la Fig. 4 se representa un dispositivo receptor (2) de una realización preferente del sistema para la determinación de órbitas de satélites en el que el dispositivo receptor (2) comprende tres antenas (7) en el que una de ellas está configurada para recibir la señal transmitida por un elemento reflector (1) y las otras dos antenas (7) están configuradas para recibir la señal transmitida por otros elementos reflectores (1) o bien, en el que una de las antenas (7) está configurada para recibir la señal transmitida por un elemento reflector (1) y de las otras dos antenas (7), una de ellas está configurada para recibir la señal transmitida por otro elemento reflector (1) y la otra de ellas está configurada para recibir la señal de radio frecuencia emitida por el satélite.

15

20

Cada señal recibida por cada una de las antenas (7) se transmite a un combinador (12) de señales configurado para combinar las señales recibidas por las 3 antenas (7) y transmitir dicha señal combinada al dispositivo de recepción homodina (8).

25

El dispositivo de recepción homodina (8) está configurado para trasladar la señal combinada a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base. En este caso concreto, se obtiene una componente en fase y una componente en cuadratura.

30 En otra realización preferente, la señal combinada se transmite a un dispositivo de recepción heterodina que comprende por lo menos un dispositivo de traslación a frecuencia intermedia configurado para trasladar la señal combinada a frecuencia intermedia y un demodulador coherente configurado para trasladar la señal de frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base

35

El módulo de procesado digital de datos (10) está configurado para digitalizar la componente en fase y cuadratura obtenida por el demodulador coherente (8), filtrarla en la señal digital la banda de trabajo en banda base del satélite y obtener por lo menos una fase interferométrica a partir de la autocorrelación compleja entre la señal digital filtrada y esta señal digital filtrada 5 con distintos desplazamientos temporales.

Este módulo de procesado digital de datos (10) está configurado para que una vez se ha obtenido por lo menos una fase interferométrica, resuelva la ambigüedad absoluta y relativa de dicha fase interferométrica y obtenga un conjunto de elementos orbitales y/o un vector de 10 estado del satélite a partir de dicha fase interferométrica sin ambigüedad y de una técnica de corrección diferencial.

La fig. 5 muestra una vista esquemática de un ejemplo de realización del sistema para la determinación de órbitas de satélites según la invención que comprende dos elementos 15 reflectores (1) configurados para recibir la señal de radio frecuencia emitida por el satélite y transmitirla hacia un dispositivo receptor (2) que está configurado para recibir la señal transmitida por dichos elementos reflectores (1) así como para recibir la señal de radio frecuencia emitida por el satélite.

Una realización preferente del procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configura 20 dos para emitir una señal de radiofrecuencia según la invención, a partir de la realización preferente de un sistema para la determinación de órbitas de satélite que comprende por lo menos dos elementos reflectores (1) y un dispositivo receptor (2) según el de la Fig. 4, comprende dicho procedimiento los siguientes pasos:

- 25 - Adquisición de las señales de radio frecuencia emitida por el satélite por los elementos reflectores (1) y envío de dichas señales al dispositivo receptor (2);
- Recepción por una de las antenas (7) de la señal transmitida por un elemento reflector (1) y por las otras dos antenas (7) de las señales transmitidas por los otros elementos reflectores (1) o bien, recepción por una de las antenas (7) de la señal transmitida por 30 un elemento reflector (1) y por otra de las otras dos antenas (7) de la señal transmitida por otro elemento reflector (1) y por la otra de las otras dos antenas (7) de la señal de radio frecuencia emitida por el satélite.
- Combinación de las señales recibidas por las antenas (7);
- Recepción homodina, a través del dispositivo de recepción homodina, que incluye los 35 siguientes subpasos:
 - Demodulación coherente de la señal combinada a banda base;

- Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base; y/o
- Digitalización de las componentes en fase y cuadratura obtenidas, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
- 5 - Filtraje de la señal digital en la banda de trabajo en banda base del satélite, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
- Obtención de la autocorrelación compleja de la señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
- 10 - Obtención de la fase interferométrica de dicha autocorrelación compleja, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
- Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica, a través del módulo de procesado digital de datos (10);
- Obtención de un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del
- 15 satélite a partir de la fase interferométrica y de una técnica de corrección diferencia, a través del módulo de procesado digital de datos (10).

Un experto en la técnica será capaz de efectuar modificaciones y variaciones a partir de los ejemplos de realización mostrados y descritos sin salirse del alcance de la presente invención
20 según está definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la determinación de órbitas de satélites configurados para emitir una señal de radio frecuencia, caracterizado porque comprende por lo menos:
 - Un elemento reflector configurado para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite y para transmitir señales;
 - Un dispositivo receptor que comprende por lo menos:
 - o Una primera antena configurada para recibir la señal transmitida por el elemento reflector;
 - o Una segunda antena configurada para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite o la señal emitida por otro elemento reflector;
 - o Un dispositivo de recepción homodina que comprende por lo menos un demodulador coherente configurado para trasladar la señal recibida por las antenas o la combinación de las señales recibidas a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base; y/o un dispositivo de recepción heterodina que comprende por lo menos un dispositivo de traslación a frecuencia intermedia configurado para trasladar la señal recibida por las antenas o la combinación de las señales recibidas a frecuencia intermedia y un demodulador coherente configurado para trasladar la señal de frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base;
 - o Un módulo de procesado digital de datos configurado para digitalizar las componentes en fase y cuadratura, filtrar las señales digitales en la banda de trabajo en banda base del satélite y obtener por lo menos una fase interferométrica a partir de la correlación compleja cruzada de las señales digitales filtradas y/o de la autocorrelación compleja de una señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales, estando dicho módulo de procesado digital de datos también configurado para que una vez ha obtenido la fase interferométrica, resuelva la ambigüedad absoluta y relativa de dicha fase interferométrica y, obtenga un conjunto de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de dicha fase interferométrica sin ambigüedad y de una técnica de corrección diferencial.

estando las antenas con el dispositivo de recepción homodina y/o con el dispositivo de recepción heterodina, el dispositivo de recepción homodina y/o el dispositivo de

- recepción heterodina con el módulo de procesado digital de datos, en comunicación de señales a través de medios de transmisión y/o recepción adaptados para tal comunicación.
2. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según la reivindicación anterior en el que el dispositivo receptor comprende por lo menos tantos dispositivos de recepción homodina y/o de recepción heterodina como antenas dispone el dispositivo receptor de tal manera que cada antena está en comunicación de señales con un dispositivo de recepción homodina o de recepción heterodina, cada dispositivo de recepción homodina o de recepción heterodina está en comunicación de señales con el módulo de procesado digital de datos;
- 5 estando cada dispositivo de recepción homodina que comprende por lo menos un demodulador coherente configurado para trasladar la señal recibida por la correspondiente antena a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base y/o estando cada dispositivo de recepción heterodina que comprende por lo menos un dispositivo de translación a frecuencia intermedia configurado para trasladar la señal recibida por la correspondiente antena a frecuencia intermedia y un demodulador coherente para trasladar la señal de frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base;
- 10 estando el módulo de procesado digital de datos configurado para digitalizar cada una de las componentes en fase y cuadratura obtenida por cada demodulador coherente, filtrar para cada señal digital la banda de trabajo en banda base del satélite y obtener las fases interferométricas a partir de la correlación compleja cruzada de por lo menos 2 de las señales digitales.
- 15
- 20
- 25 3. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según la reivindicación anterior en el que los demoduladores coherentes del dispositivo de recepción homodina utilizan un mismo primer reloj de referencia y/o los demoduladores coherentes del dispositivo de recepción heterodina utilizan un mismo segundo reloj de referencia.
- 30 4. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según la reivindicación anterior en el que el primer reloj de referencia se genera utilizando un primer PLL en combinación con una señal sinusoidal de referencia a baja frecuencia y/o el segundo reloj de referencia se genera utilizando un segundo PLL en combinación con la señal sinusoidal de referencia a baja frecuencia.
- 35 5. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según la reivindicación 1 en el que el dispositivo receptor comprende además un combinador de señales configurado para combinar las señales recibidas por las antenas de tal manera que el dispositivo

- de recepción homodina que comprende por lo menos un demodulador coherente está configurado para trasladar la señal combinada a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base y/o que el dispositivo de recepción heterodina que comprende por lo menos un dispositivo de traslación a frecuencia intermedia está configurado para trasladar la señal combinada a frecuencia intermedia y un demodulador coherente para trasladar la señal combinada a frecuencia intermedia a banda base y obtener las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base;
- Estando el módulo de procesado digital de datos configurado para obtener la fase interferométrica a partir de la autocorrelación compleja entre la señal digital filtrada y la señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales siendo esta señal digital la procedente de la digitalización de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
6. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según la reivindicación anterior en el que los elementos reflectores se encuentran separados a distancias diferentes respecto del dispositivo receptor.
7. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el elemento reflector comprende además un amplificador configurado para amplificar la señal recibida por el elemento reflector antes de transmitirla.
8. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el elemento reflector comprende una antena configurada para recibir por lo menos la señal de radio frecuencia emitida por el satélite y una antena configurada para transmitir señales.
9. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el elemento reflector es del tipo activo.
10. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el elemento reflector es del tipo pasivo.
11. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según la reivindicación anterior en el que el elemento reflector es un elemento natural y/o de oportunidad previamente existente en el entorno.
12. Sistema para la determinación de órbitas de satélites según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la digitalización se basa en una cuantificación a 2 niveles.
13. Procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configurados para emitir una señal de radio frecuencia, a partir de un sistema para la determinación de órbitas

de satélites que comprende por lo menos un elemento reflector y un dispositivo receptor que comprende por lo menos una primera antena, una segunda antena, un dispositivo de recepción homodina y/o un dispositivo de recepción heterodina y un módulo de procesado digital de datos que comprende los siguientes pasos:

- 5 - Adquisición de las señales de radio frecuencia emitida por el satélite por los elementos reflectores y envío de dichas señales al dispositivo receptor;
- Recepción por una de las antenas de la señal transmitida por un elemento reflector y por la otra antena de la señal transmitida por otro elemento reflector o bien de la señal de radio frecuencia emitida por el satélite
- 10 - Recepción homodina, a través del dispositivo de recepción homodina, que incluye los siguientes subpasos:
- o Demodulación coherente de la señal recibida por las antenas o de la combinación de las señales recibidas por las antenas a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base;
- 15 y/o

Recepción heterodina, a través del dispositivo de recepción heterodina, que incluye los siguientes subpasos:

- o Traslación a frecuencia intermedia de la señal recibida por las antenas o de la combinación de las señales recibidas por las antenas;
 - o Demodulación coherente de la señal a frecuencia intermedia a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
- 20 - Digitalización de las componentes en fase y cuadratura obtenidas a través del módulo de procesado digital de datos;
- Filtraje de las señales digitales en la banda de trabajo en banda base del satélite a través del módulo de procesado digital de datos;
- 25 - Obtención de la correlación compleja cruzada de las señales digitales filtradas y/o de la autocorrelación compleja de una señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales a través del módulo de procesado digital de datos;
- 30 - Obtención de la fase interferométrica de dicha correlación compleja a través del módulo de procesado digital de datos;
- Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica a través del módulo de procesado digital de datos;

- Obtención de un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica y de una técnica de corrección diferencial a través del módulo de procesado digital de datos.

14. Procedimiento para la determinación de órbitas satélites según la reivindicación anterior en el que el sistema para la determinación de órbita de satélites comprende tantos dispositivos de recepción homodina y/o de recepción heterodina como antenas dispone el dispositivo receptor de tal manera que cada antena está en comunicación de señales con un dispositivo de recepción homodina y/o de recepción heterodina y, cada dispositivo de recepción homodina y/o de recepción heterodina está en comunicación de señales con el módulo de procesado digital de datos y en el que en los pasos del procedimiento de:

- Recepción homodina que incluye los subpasos:
 - o Demodulación coherente, se demodulan coherentemente cada una de las señales recibidas por las antenas a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura, se obtienen las componentes en fase y cuadratura de cada señal en banda base; y/o

Recepción heterodina, que incluye los siguientes subpasos:

- o Traslación a frecuencia intermedia, se trasladan cada una de las señales recibidas por las antenas a frecuencia intermedia;
- o Demodulación coherente, se demodulan coherentemente cada una de las señales a frecuencia intermedia;
- o Obtención de las componentes en fase y cuadratura, se obtienen las componentes en fase y cuadratura de cada señal en banda base.

- Digitalización, se digitalizan cada una de las componentes en fase y cuadratura obtenidas;
- Filtraje, se filtran las señales digitales en la banda de trabajo en banda base del satélite;
- Obtención de la correlación compleja cruzada, se obtiene la correlación compleja cruzada de por lo menos dos señales digitales;
- Obtención de la fase interferométrica, se obtiene la fase interferométrica de dicha correlación compleja;
- Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa, se resuelve la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica;
- Obtención de un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de estado del satélite, se obtiene un conjunto completo de elementos orbitales y/o un vector de

estado del satélite a partir de la fase interferométrica y de una técnica de corrección diferencial.

15. Procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configurado para emitir una señal de radio frecuencia según la reivindicación 13, en el que el sistema para la determinación de órbitas de satélite comprende además un combinador de señales, comprendiendo dicho procedimiento los siguientes pasos:

- Adquisición de las señales de radio frecuencia emitida por el satélite por los elementos reflectores y envío de dichas señales al dispositivo receptor;
- Recepción por una de las antenas de la señal transmitida por un elemento reflector y por la otra antena de la señal transmitida por otro elemento reflector o bien de la señal de radio frecuencia emitida por el satélite;
- Combinación de las señales recibidas por las antenas a través del combinador de señales;
- Recepción homodina, a través del dispositivo de recepción homodina, que incluye los siguientes subpasos:
 - o Demodulación coherente de la señal combinada a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base; y/o

Recepción heterodina, a través del dispositivo de recepción heterodina, que incluye los siguientes subpasos:

- o Traslación a frecuencia intermedia de la señal combinada;
 - o Demodulación coherente de la señal a frecuencia intermedia a banda base;
 - o Obtención de las componentes en fase y cuadratura de la señal en banda base.
- Digitalización de las componentes en fase y cuadratura obtenidas;
 - Filtraje de la señal digital en la banda de trabajo en banda base del satélite;
 - Obtención de la autocorrelación compleja de la señal digital filtrada con esta misma señal digital filtrada con distintos desplazamientos temporales;
 - Obtención de la fase interferométrica de dicha autocorrelación compleja;
 - Resolución de la ambigüedad absoluta y relativa de la fase interferométrica;
 - Obtención de un conjunto completo de elemento orbitales y/o un vector de estado del satélite a partir de la fase interferométrica sin ambigüedad absoluta y relativa y de una técnica de corrección diferencial.

16. Procedimiento para la determinación de órbitas de satélites configurado para emitir una señal de radio frecuencia según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15 en el

que el paso de la resolución de la ambigüedad absoluta comprende los siguientes sub pasos:

- Determinación de un vector de estado inicial de forma arbitraria $\mathbf{x}_0 = (\mathbf{r}_0, \mathbf{v}_0)$ (en el que \mathbf{r}_0 y \mathbf{v}_0 simbolizan los vectores de posición y velocidad del satélite);
- 5 - Obtención del número de ciclos inicial $\mathbf{K}_0 = (k_{01}, k_{02}, \dots, k_{0i}, \dots, k_{0n})$ para cada línea de base, siendo n el número de líneas de base;
- Obtención para cada línea de base de un vector de fases interferométricas φ_{raw_i} formado por el valor de la fase interferométrica en diferentes instantes de tiempo ($\varphi_i(n)$) y al que se le ha sumado la componente correspondiente del vector \mathbf{K}_0 de tal manera
- 10 que $\varphi_{raw_i}(n) = \varphi_i(n) + 2\pi k_{0i}$;
- Obtención del vector de fases interferométricas φ'_{ij} en el que $\varphi'_{ij}(n) = \varphi_{raw_i}(n) + 2\pi k_{ji}$, y en el que $k_{ji} = (-L, -L+1, \dots, 0, L-1, L)$ en el que L es un número entero;
- Obtención de un vector de estado inicial \mathbf{x}_{0j} para cada k_{ji} a partir del algoritmo de mínimos cuadrados;
- 15 - Obtención de una matriz de vectores de estado inicial $\mathbf{X}_0 = (x_{0-k}, \dots, x_{00}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0k})$;
- Propagación de cada uno de los vectores x_{0j} para los instantes de tiempo en los que se han obtenido los valores de la fase interferométrica ($\varphi_i(n)$);
- Obtención para cada vector propagado de la fase interferométrica estimada $\varphi''_i(n)$, obteniéndose un vector de fases interferométricas estimadas φ''_i ;
- 20 - Obtención del vector de ciclos completos (k) que hace mínimo el error cuadrático entre el vector de fases interferométricas estimadas φ''_i y el vector de fases interferométricas φ'_{ij} .

FIG. 1

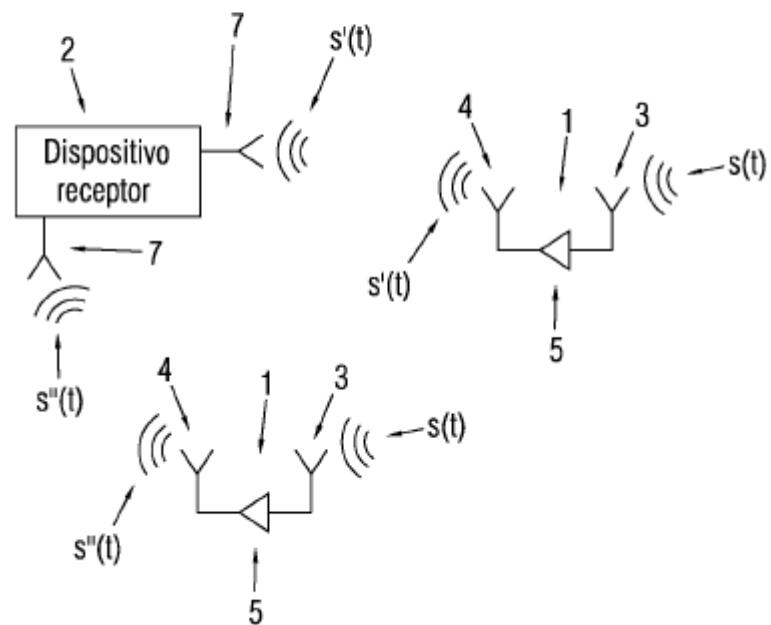


FIG. 2

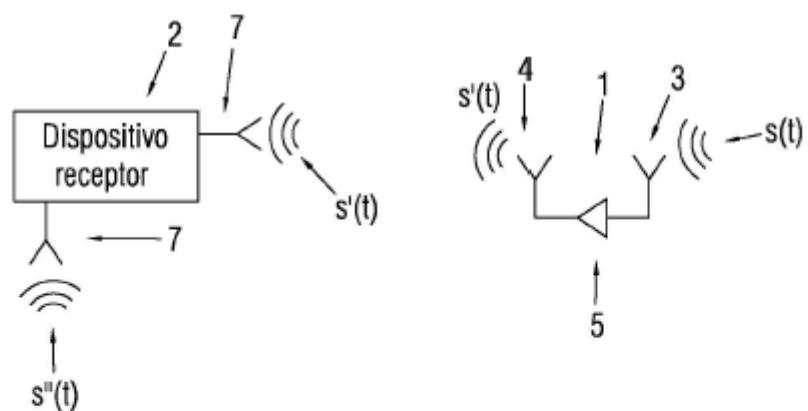


FIG.3

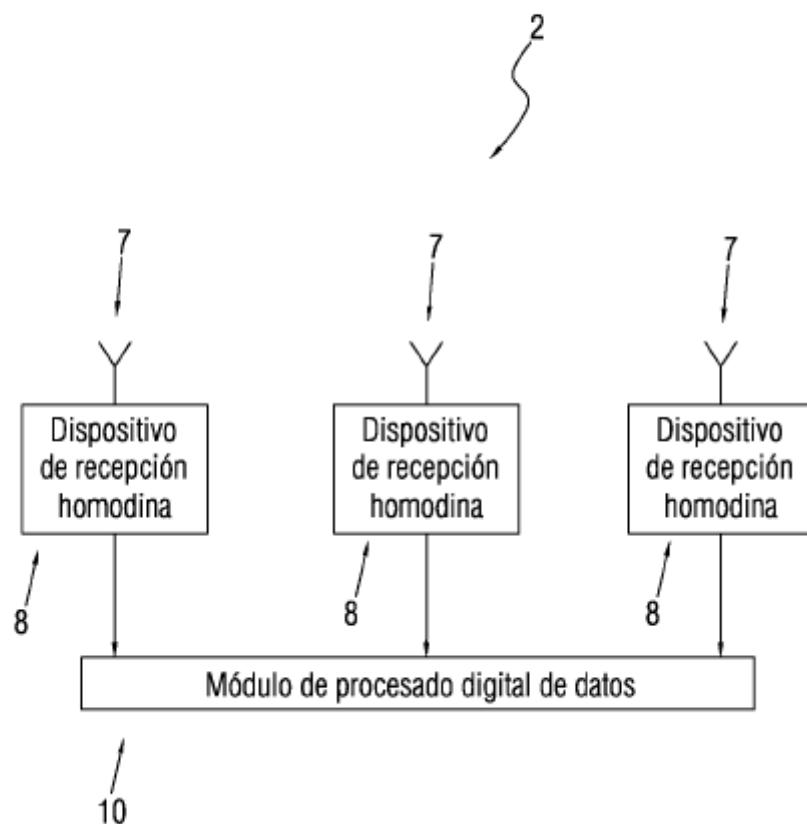


FIG.4

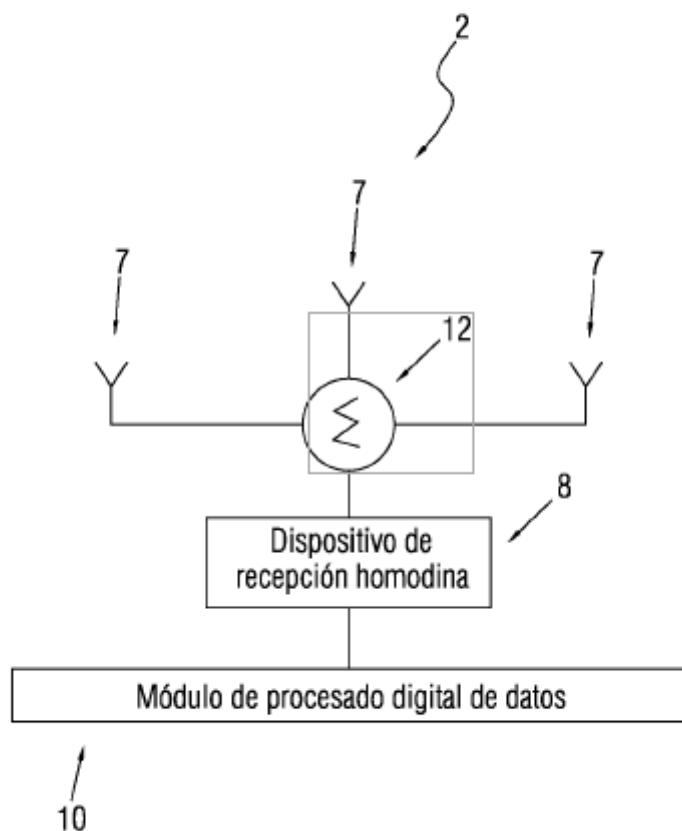
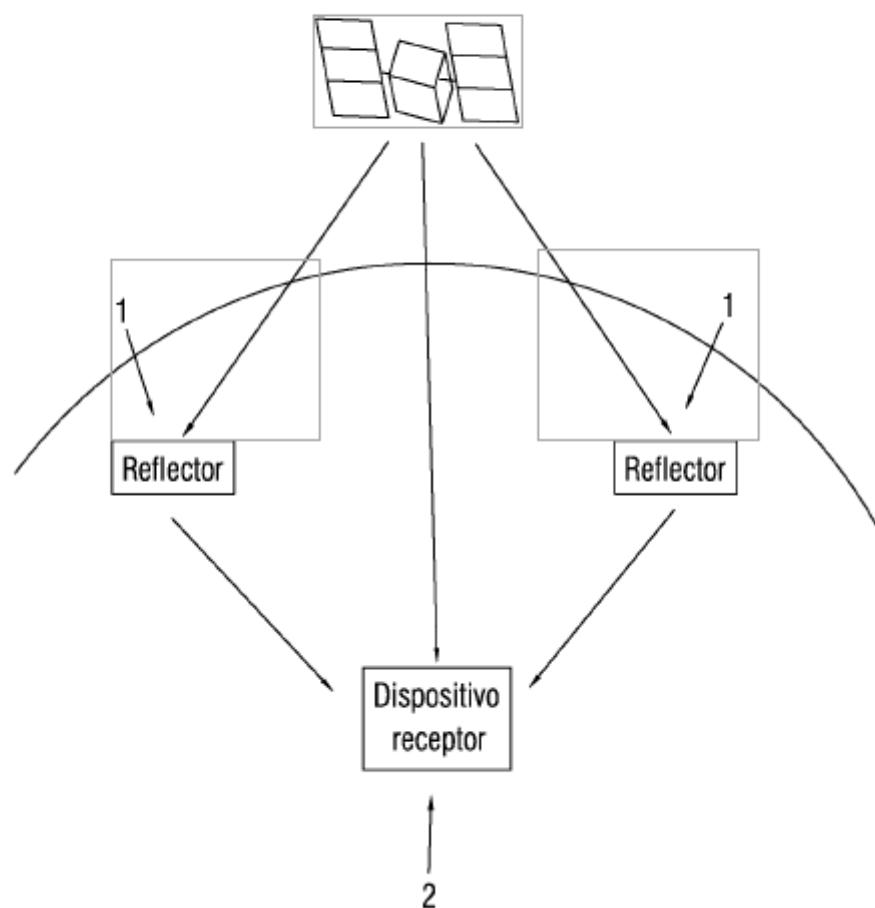


FIG.5





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

②1 N.º solicitud: 201730749

②2 Fecha de presentación de la solicitud: 31.05.2017

③2 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤1 Int. Cl.: **G01B15/04** (2006.01)
B64G3/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥6 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	FUSTER R. M. et al. "Proposed satellite position determination systems and techniques for Geostationary and Synthetic Aperture Radar". European Journal of Remote Sensing, 2016, Vol. 49, Páginas 735-744 [en línea][recuperado el 25/10/2017]. , <DOI: 10.5721/EuJRS20164938>	1-16
A	LIU F. et al. Coherent Change Detection Using Passive GNSS-Based BSAR: Experimental Proof of Concept. IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing 20130801 IEEE Service Center, Piscataway, NJ, US, 01/08/2013, Vol. 51, Nº 8, Páginas 4544 - 4555, XP011521731 ISSN 0196-2892, <DOI: 10.1109/TGRS.2012.2231082>	1-16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 26.10.2017	Examinador J. Botella Maldonado	Página 1/2
------------------------------------------------	------------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01B, B64G

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.