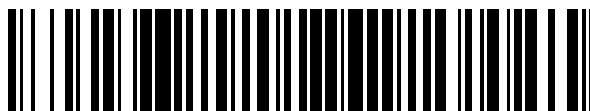


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 538**

51 Int. Cl.:

G01S 19/23 (2010.01)

G01S 19/29 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2010 E 10001162 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2354802**

54 Título: **Método para auto-calibración de las desviaciones de frecuencias**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2013

73 Titular/es:

**ASTRIUM GMBH (100.0%)
Robert-Koch-Str. 1
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

WENDEL, JAN DR.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 425 538 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

Método para auto-calibración de las desviaciones de frecuencias

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método para auto-calibración de desviaciones de frecuencias en un equipo de medida de un sistema de control de interferencias. Asimismo, se refiere a un dispositivo de auto-calibración y a un sistema de control de interferencias.

10 La interferencia de radiofrecuencias (RFI) representa una amenaza grave para los sistemas de radionavegación y sus sistemas de ampliación tales como GPS, Galileo, EGNOS, WAAS, etc. Por lo tanto, un control continuo del entorno de RFI es necesario para proteger estos sistemas y para generar una concienciación situacional con respecto a posibles degradaciones del rendimiento del sistema causadas por la interferencia RFI.

15 El documento EP 2 120 061 A1 se refiere a un método de ayuda de frecuencias mejorado y a un sistema para receptor de satélite de navegación con histéresis de frecuencia de oscilador de cristal. El problema a resolver por dicha invención es la compensación de la variación de la frecuencia como una respuesta a un cambio de temperatura. Es una condición previa, en este método conocido, que el receptor de satélite esté funcionando de forma correcta y que tenga contacto con un satélite, de modo que esté en el modo operativo durante el cual se conozca la frecuencia real de la señal de reloj que corresponde a la del satélite. Esta frecuencia conocida se memoriza en una memoria como una parte de tablas de compensación. Cuando se produce un cambio de temperatura que da lugar a una desviación de frecuencia que supera los límites del bucle de histéresis, se actualiza la tabla de compensación. La tabla de compensación consiste en una tabla de dos columnas de entradas de datos, una correspondiente a un valor de temperatura de índice y la otra correspondiente a un valor de desviación de frecuencia correspondiente. El sistema dado a conocer en esta técnica anterior puede ser también de auto-enseñanza en donde el receptor es capaz de determinar la variación de la frecuencia, en la señal del oscilador, como una función de la temperatura. Puesto que el sistema está provisto de un sensor de la temperatura, es posible corregir el valor de la frecuencia utilizando el valor de la temperatura medido y la variación de la frecuencia que se memorizan en la tabla de compensación para la temperatura respectiva.

20 El documento US 2002/0005802 A1 da a conocer un método, un dispositivo y un sistema para determinar una localización del receptor utilizando transmisiones por satélite de señales débiles. En este método conocido, se utilizan los datos de almanaque actuales para estimar las frecuencias Doppler de los satélites por el receptor para localizaciones aproximadas dadas de los satélites; sin embargo, es necesario que la desviación de frecuencia del oscilador de referencia del receptor sea conocido dentro de un margen de pocos hercios.

25 Un método y aparato para calibrar un oscilador del sistema de posicionamiento global se dan a conocer en el documento US 2009/0153398 A1. Una señal de calibración se genera y se envía al receptor. Esta señal de calibración se obtiene utilizando valores de desviación de frecuencia memorizados en una tabla como una función de la temperatura del oscilador.

30 El documento WO 2009/140768 A1 da a conocer un receptor de GNSS que reduce el tiempo para la primera fijación utilizando las propiedades de señales de oportunidad radiadas existentes, tal como señales de radio AM o FM, señales de televisión, etc., para reducir las incertidumbres asociadas con la frecuencia del oscilador y su fase. Además, utiliza una fecha y hora de almanaque y con reserva de batería para determinar los satélites en visión y reducir las incertidumbres asociadas con Doppler. El receptor utiliza estas múltiples señales de oportunidad para determinar el área local en el que está situado. Este receptor conocido reduce las incertidumbres de búsqueda para la frecuencia del oscilador estimando una desviación basada en las diferencias entre las frecuencias de las respectivas señales de oportunidad y el receptor y las frecuencias de difusión nominales de estas señales.

35 El documento US 2009/0262018 A1 se refiere a un controlador de recepción de señales satelitales de alta precisión, en donde un valor de ajuste de la frecuencia de oscilación se genera para un módulo de recepción de GPS utilizando un oscilador de cristal, no compensado por la temperatura exterior. Estimando el valor de ajuste de la frecuencia de oscilación en función de una temperatura medida y de datos conocidos de desviación de frecuencia/temperatura.

40 El documento US 2008/0158050 A1 da a conocer un receptor de GPS con compensación de la desviación de frecuencia. Esta compensación se realiza utilizando desviaciones de frecuencias predeterminadas que pueden memorizarse en una tabla.

45 Una cadena de medición convencional, aplicada en un emplazamiento de detección de un sistema de control de interferencias se ilustra en la Figura 1. Esta cadena de medición conocida incluye una o más antenas, un equipo de medida y de extremo frontal de radiofrecuencias (RF), tal como analizadores de señales y/o una combinación de convertidores reductores, convertidores analógico/digital (A/D) y muestreadores. En condiciones normales, este equipo se utiliza a distancia con el fin de evitar visitas frecuentes in situ.

50

5 El equipo de medida hace uso de una fuente de frecuencias de referencia interna o externa, p.e., un oscilador de cuarzo. Dicho oscilador de cuarzo es susceptible de envejecimiento, de modo que la frecuencia de referencia, proporcionada por este dispositivo, se aleje de su valor nominal con el tiempo. Esto hace que se generen desviaciones de frecuencias en las medidas proporcionadas por el equipo de medida. Por lo tanto, este equipo de medida necesita calibrarse a intervalos periódicos. Por lo tanto, es deseable que dicho equipo de medida esté provisto de una capacidad de auto-calibración con el fin de evitar visitas in situ para fines de calibración.

10 Una calibración del equipo de medida, tal como analizadores de señales, se suele realizar por el fabricante del equipo. En el contexto del control de interferencias, esto exige que el equipo se envíe al fabricante para su calibración o que personal cualificado calibre el equipo in situ. Ambos métodos tienen inconvenientes con respecto a los costes y a los tiempos inactivos del sistema de control de interferencias.

OBJETIVO DE LA INVENCION

15 Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención dar a conocer un método para la auto-calibración de desviaciones de frecuencias de señales procedentes de un satélite GNSS en un equipo de medida de un sistema de control de interferencias. Es, además, un objetivo de la invención dar a conocer un dispositivo de auto-calibración que emplee dicho método y un sistema de control de interferencias con dicho dispositivo de auto-calibración.

20 El objetivo de este método se consigue por el método con las características estipuladas en la reivindicación 1.

El método de la invención comprende las etapas de:

- 25 a) muestrear datos I/Q (en fase/cuadratura) en una banda de frecuencia de GNSS utilizando el equipo de medida del sistema de control de interferencias;
- b) adquirir una o más señales de navegación de GNSS a partir de dichos datos I/Q;
- 30 c) proporcionando dicha adquisición de la etapa b) una estimación de al menos una frecuencia portadora de la señal satelital de dicho satélite;
- d) calcular la visibilidad de dicho satélite a partir de los denominados datos de efeméride o de almanaque y determinar la frecuencia prevista de dicha portadora de la señal satelital a partir de dichos datos de órbita de satélite y de la posición conocida de la antena de medida;
- 35 e) comparar la frecuencia portadora de la señal satelital prevista con la frecuencia portadora de la señal satelital estimada y calcular un valor de desviación de frecuencia como la diferencia entre dichas dos frecuencias;
- f) memorizar dicho valor de desviación de frecuencia en una memoria y
- 40 g) utilizar dicho valor de desviación de frecuencia memorizado para compensar la desviación de frecuencia de al menos una medida en el futuro.

45 De este modo, la invención consiste en un método que permite una auto-calibración de las desviaciones de frecuencias en el equipo de medida de un sistema de control de interferencias.

VENTAJAS DE LA INVENCION

50 El método de auto-calibración, según la invención, consiste en muestrear datos I/Q utilizando el equipo de medida del sistema de control de interferencias, para adquirir señales de los satélites de navegación contenidas en estos datos I/Q y comparar las frecuencias portadoras estimadas de las señales satelitales de navegación con las frecuencias portadoras previstas correspondientes, que se calculan a partir de los datos de órbita del satélite y de la posición de la antena del equipo de medida. La diferencia entre la frecuencia portadora estimada y prevista es igual a la desviación de frecuencia del equipo de medida a la frecuencia portadora prevista y permite compensar la desviación de frecuencia de cada medición futura.

55

Formas de realización preferidas del método de la invención se dan a conocer en las reivindicaciones subordinadas 2 a 8.

60 En una modificación preferida del método de la invención, la adquisición de las señales de navegación en la etapa b) se realiza estableciendo una correlación de los datos I/Q muestreados con las señales de réplica adecuadas de diferentes fases de códigos y frecuencias portadoras.

65 Otras ventajas en la forma de realización del método de la invención se caracterizan por cuanto que en la etapa de estimación de la frecuencia portadora de la señal satelital, la visibilidad del satélite se calcula a partir de datos de efemérides o de almanaque conocidos.

Además, es preferible que la frecuencia portadora de la señal satelital prevista se calcule a partir de la posición de la antena del equipo de medida, de la posición del satélite y de la velocidad del satélite.

5 En otro desarrollo ventajoso del método de la invención, la adquisición de las señales de navegación a partir de dichos datos I/Q en la etapa b) se realiza en dos sub-etapas:

b1) realización, en primer lugar, de una sub-etapa de adquisición bruta y

10 b2) realización, más adelante, de una sub-etapa de adquisición de ajuste operativo adecuado.

En una forma de realización preferida, se aplica una técnica de adquisición en dicha sub-etapa de adquisición de ajuste operativo adecuado con grupos de frecuencias estrechos.

15 Como alternativa, los datos I/Q muestreados en la etapa a) se procesan en dicha sub-etapa de adquisición de ajuste operativo adecuado en una puesta en práctica de bucle de seguimiento que se inicializa a partir de los resultados de la adquisición bruta realizada en la sub-etapa b1).

Es conveniente calcular el valor de desviación de frecuencia en más de una frecuencia de interés.

20 La invención se refiere, además, a un dispositivo de auto-calibración que está adaptado para realizar las etapas según una de las reivindicaciones 1 a 8.

Además, la invención se refiere a un sistema de control de interferencias que comprende un equipo de medida provisto de un dispositivo de auto-calibración según la reivindicación 9.

25 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Formas de realización preferidas de la presente invención se describirán a continuación haciendo referencia a los dibujos, en donde:

30 La Figura 1 ilustra una cadena de medición convencional aplicada en un lugar de detección de un sistema de control de interferencias y

La Figura 2 ilustra una visualización esquemática del método según la presente invención.

35 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERIDAS

La cadena de medición ilustrada en la Figura 1, es, en principio, la misma que en el sistema de control de interferencias de la presente invención. Sin embargo, con el fin de poner en práctica la invención se requiere que el extremo frontal de RF de la cadena de medición contenga filtros de pasa-banda adecuados y amplificadores de bajo nivel de ruido, de modo que este extremo frontal de RF pudiera utilizarse también como un extremo frontal de un receptor de señal satelital de navegación global (GNSS). La posición de la antena de la cadena de medición ha de conocerse y los datos de almanaque o de efeméride de GNSS deben estar disponibles, a modo de ejemplo, desde Internet. Los códigos de ruidos pseudo-aleatorios (códigos PRN) de las señales de GNSS se requieren también a este respecto.

45 Un método para la auto-calibración de las desviaciones de frecuencias en las medidas, proporcionadas por el equipo de medida, funciona como sigue (Figura 2):

50 La primera etapa (a) es utilizar el equipo de medida para muestrear los datos I/Q en una banda de frecuencia de GNSS, p.e., la banda L1. Estos datos I/Q pueden proporcionarse en la banda base o en un frecuencia intermedia. El tamaño de la muestra y el ancho de banda deben ser suficientemente grandes para permitir una adquisición de las señales de GNSS contenidas en la banda seleccionada.

55 La segunda etapa (b) consiste en adquirir una o más señales de GNSS. En principio, se realiza estableciendo una correlación de las muestras de I/Q con señales de réplica adecuadas de diferentes fases de código y frecuencias portadoras. La máxima magnitud de la correlación indica la mejor adaptación entre la señal satelital y la respectiva señal de réplica, lo que da a conocer la fase de código de la señal satelital y la frecuencia portadora. Esencialmente, se puede utilizar cualquier técnica de adquisición común – búsqueda secuencial, búsqueda de fase de código en paralelo, búsqueda de frecuencia en paralelo, por citar tan solo algunas –, que proporcione, en una tercera etapa (c), una estimación de la frecuencia portadora de la señal satelital. La visibilidad del satélite se calcula a partir de los datos de almanaque o de efeméride antes citados.

60 Es conveniente, pero no exigido, realizar una adquisición bruta (sub-etapa b1) en primer lugar y luego, reajustar la estimación de la frecuencia portadora (sub-etapa b2). Este reajuste operativo de perfeccionamiento se puede conseguir aplicando, de nuevo, una técnica de adquisición pero con grupos de frecuencia estrechos o bien, procesando los datos I/Q en una puesta en práctica de bucle de seguimiento que se inicializa a partir de los resultados de la adquisición bruta.

El resultado de la tercera etapa (c) es una estimación de la frecuencia portadora de una o más señales de GNSS recibidas por el equipo de medida.

5 La frecuencia portadora de la señal de GNSS prevista se calcula en una cuarta etapa (d) a partir de la posición de antena de la cadena de medición, de la posición del satélite y de la velocidad del satélite.

En una quinta etapa (e), la frecuencia portadora de la señal satelital prevista se compara con la estimación de la frecuencia portadora de la tercera etapa.

10 La diferencia entre la frecuencia portadora prevista y la frecuencia portadora estimada es igual a la desviación de frecuencia del equipo de medida a la frecuencia portadora prevista. Con el conocimiento de la frecuencia del oscilador del equipo de medida – o bien, utilizando las señales desde dos o más bandas de GNSS – se puede calcular, en cualquier frecuencia de interés, la desviación de frecuencia de las medidas proporcionadas por el equipo de medida.

15 En la sexta etapa (f), la desviación de frecuencia obtenida en la quinta etapa (e) se memoriza.

En la séptima etapa (g) se concluye el procedimiento de auto-calibración y permite compensar la desviación de frecuencia de cada medida futura.

20 La presente invención consiste en un método que permite una auto-calibración de las desviaciones de frecuencias de un equipo de medida de un sistema de control de interferencias. Las siguientes ventajas pueden identificarse:

- La capacidad de auto-calibración proporcionada por este método evita frecuentes visitas in situ para fines de calibración, lo que reduce el tiempo inactivo del sistema y aumenta su rentabilidad.

25

- No se requiere ningún equipo especial adicional para poner en práctica esta capacidad de auto-calibración.

30

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un método para auto-calibración de desviaciones de frecuencias de señales procedentes de un satélite GNSS en un equipo de medida de un sistema de control de interferencias en donde dicho equipo de medida tienen una antena de medida de una posición conocida, comprendiendo dicho método las etapas siguientes:
- 10 a) muestrear datos I/Q en una banda de frecuencia GNSS utilizando el equipo de medida del sistema de control de interferencias;
- 15 b) adquirir una o varias señales de navegación GNSS a partir de dichos datos I/Q;
- 20 c) proporcionando dicha adquisición de la etapa precedente de una estimación de al menos una frecuencia portadora de señal satelital de dicho satélite;
- 25 d) calcular la visibilidad de dicho satélite a partir de los así denominados datos de efemérides o de almanaque y determinar la frecuencia prevista de dicha portadora de señal satelital a partir de dichos datos de órbita del satélite y de la posición de antena de medida conocida;
- e) comparar la frecuencia de portadora de la señal satelital prevista con la frecuencia de portadora de la señal satelital estimada y calcular un valor de desviación de frecuencia como siendo la diferencia entre dichas dos frecuencias;
- f) memorizar dicho valor de desviación de frecuencia en una memoria y
- g) utilizar dicho valor de desviación de frecuencia memorizado para compensar, en el futuro, la desviación de frecuencia de al menos una medida.
- 2.** El método según la reivindicación 1,
- 30 en donde la adquisición de señales de navegación en la etapa b) se realiza estableciendo una correlación de los datos I/Q muestreados con señales de réplica adecuadas de diferentes fases de código y frecuencias portadoras.
- 3.** El método según la reivindicación 1 o 2,
- 35 en donde en la etapa de estimación de la frecuencia portadora de la señal satelital, se utiliza la visibilidad del satélite, que se calcula a partir de datos de efeméride o de almanaque conocidos.
- 4.** El método según una de las reivindicaciones 1 a 3,
- 40 en donde la frecuencia de portadora de la señal satelital prevista se determina a partir de la posición conocida de la antena del equipo de medida, de la posición del satélite y de la velocidad del satélite.
- 5.** El método según una de las reivindicaciones 1 a 4,
- 45 en donde la adquisición de las señales de navegación a partir de dichos datos I/Q se realiza en dos sub-etapas:
- b1) realizar, en primer lugar, una así denominada sub-etapa de adquisición bruta y
- b2) proceder, a continuación, a una sub-etapa de adquisición de un ajuste operativo adecuado.
- 50 **6.** El método según la reivindicación 5,
- en donde, en dicha sub-etapa de adquisición de ajuste operativo adecuado, se aplica una técnica de adquisición con grupos de frecuencias estrechos.
- 55 **7.** El método según la reivindicación 5,
- en donde en dicha sub-etapa de adquisición de ajuste operativo adecuado, los datos I/Q muestreados en la etapa a) se procesan en una puesta en práctica en bucle de seguimiento inicializada a partir de los resultados de la adquisición bruta de la sub-etapa b1).
- 60 **8.** El método según una de las reivindicaciones precedentes,
- en donde el valor de desviación de frecuencia se calcula en más de una frecuencia de interés.

9. Un dispositivo de auto-calibración para calibrar desviaciones de frecuencias de señales procedentes de un satélite GNSS en un equipo de medida de un sistema de control de interferencia, en donde dicho equipo de medida tiene una antena de medida de una posición conocida,

5 caracterizado porque el dispositivo comprende un medio para realizar las etapas según una de las reivindicaciones 1 a 8.

10. Un sistema de control de interferencias que comprende un equipo de medida provisto de un dispositivo de auto-calibración según la reivindicación 9.

Fig. 1

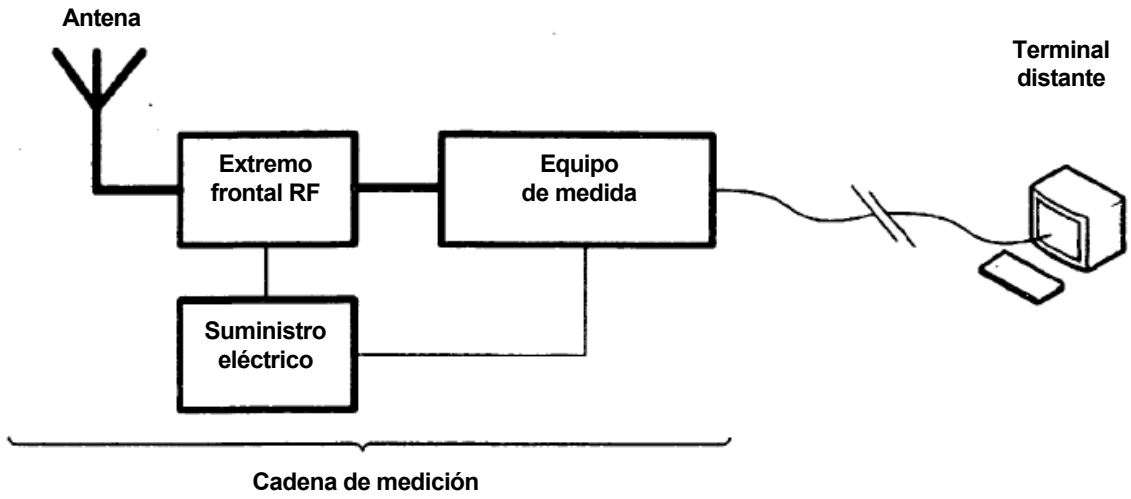


Fig. 2

