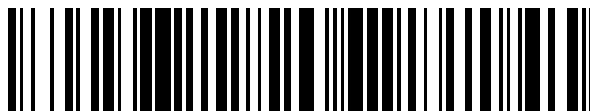


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 628**

21 Número de solicitud: 201930318

51 Int. Cl.:

H04W 24/02 (2009.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

08.04.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.06.2019

Fecha de concesión:

28.10.2019

45 Fecha de publicación de la concesión:

05.11.2019

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)
Avda. Ramiro de Maeztu nº 7
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**BRISO RODRIGUEZ, Cesar y
CALVO RAMIREZ, Cesar**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **MÉTODO Y SISTEMA PARA CORREGIR EL EFECTO DOPPLER DE UNA COMUNICACIÓN MÓVIL EN UN SISTEMA DE ALTA VELOCIDAD**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un método y sistema para corregir el efecto Doppler de una comunicación móvil en un sistema de alta velocidad, como por ejemplo aviones y trenes. Comprende calcular una frecuencia de error, por un módulo receptor, como la diferencia entre frecuencia esperada y frecuencia recibida; generar una señal de corrección de frecuencia Doppler en un módulo corrector; proporcionar la señal de corrección de frecuencia Doppler a un módulo mezclador, donde el módulo mezclador también recibe la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler; asignar un signo para la señal de corrección de frecuencia Doppler; mezclar la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler y la señal de corrección de frecuencia Doppler con el signo asignado; y proporcionar una señal corregida de salida, donde el efecto Doppler ha sido cancelado.

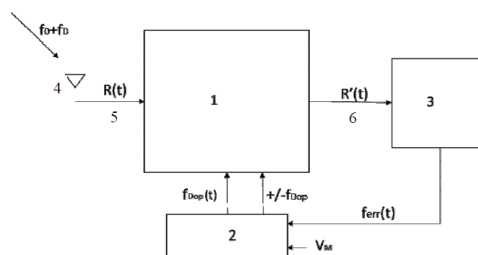


FIG. 1

ES 2 716 628 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN**MÉTODO Y SISTEMA PARA CORREGIR EL EFECTO DOPPLER DE UNA COMUNICACIÓN MÓVIL EN UN SISTEMA DE ALTA VELOCIDAD**

5

OBJETO DE LA INVENCION

La invención se refiere al campo técnico de las comunicaciones móviles y, más específicamente, a la corrección de señales afectadas por el efecto Doppler en sistemas de telecomunicaciones asociados a transportes de alta velocidad.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Actualmente, los ubicuos sistemas de comunicaciones móviles alcanzan todos los ámbitos posibles de uso, lo que incluye los modernos sistemas de transporte de alta velocidad. En este escenario de comunicaciones móviles de alta velocidad, hay que tener en cuenta que cuando un vehículo se mueve de forma relativa a un receptor, la señal recibida se ve afectada por un fenómeno físico conocido como *efecto Doppler*, que provoca que su frecuencia central varíe de forma proporcional a la velocidad a la que el receptor y el transmisor se desplazan uno respecto al otro.

20

El efecto Doppler depende de la frecuencia transmitida y de la velocidad del móvil, por lo que su efecto cobra mayor importancia a medida que se aumenta la velocidad del vehículo, siendo especialmente relevante en transportes de alta velocidad como aviones o trenes y para sistemas de comunicaciones de alta frecuencia. En estos casos el móvil se desplaza a velocidades que pueden superar los 1000km/h y se genera un elevado desplazamiento Doppler. En la siguiente tabla se muestran algunos valores para velocidades de trenes y aviones y con frecuencias empleadas en sistemas de comunicaciones móviles:

25

30

35

Tabla 1. Desplazamiento doppler en función de la velocidad del móvil y frecuencia de la señal.		
Frecuencia señal	Velocidad (Km/h)	Desplazamiento Doppler (Khz)
900 MHz	360	0.6
	1080	1.8
2400 Mhz	360	1.6
	1080	4.8
10 Ghz	360	6.6
	1080	20

Los sistemas de comunicaciones móviles actuales pueden operar con desplazamientos Doppler moderados. Concretamente los sistemas de comunicaciones móviles 3G y 4G están diseñados para operar con móviles que se desplazan a velocidades inferiores a los 120 km/h, pero para frecuencias y velocidades elevadas puede resultar imposible sincronizar el sistema, produciéndose un deterioro de las prestaciones del mismo a medida que aumenta la velocidad.

Los sistemas de comunicaciones móviles pertenecientes al estado del arte, están diseñados para operar con velocidades bajas, inferiores a los 200Km/h, degradándose notablemente sus prestaciones a velocidades superiores y no siendo posible modificar la configuración de los receptores que se emplean actualmente. Normalmente la única opción consiste en realizar pequeñas correcciones en el demodulador del receptor, pero estas correcciones están limitadas por el diseño del receptor, lo que en muchas ocasiones no es suficiente para velocidades altas.

Por otro lado, el estado del arte comprende algunas soluciones para estimar el desplazamiento de frecuencia Doppler y el espectro Doppler que se produce cuando un móvil se desplaza a una velocidad determinada. Sin embargo, ninguna de las invenciones conocidas corrige la frecuencia Doppler.

Por lo tanto, el estado del arte echa en falta un dispositivo de corrección del efecto Doppler en las señales de alta frecuencia utilizadas en sistemas móviles de telecomunicación en escenarios de alta velocidad.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Con el fin de alcanzar los objetivos y evitar los inconvenientes mencionados anteriormente, la presente invención describe, en un primer aspecto un método para corregir el efecto Doppler en una señal recibida en un dispositivo receptor de un sistema de comunicaciones móviles. El método comprende los siguientes pasos:

- recibir una señal con desplazamiento de frecuencia Doppler;
- calcular un parámetro de frecuencia de error, por un módulo receptor, donde el parámetro de error corresponde a una diferencia entre una frecuencia esperada preestablecida y la frecuencia de la señal recibida en el módulo receptor;
- generar una señal de corrección de frecuencia Doppler en un módulo corrector, basada en el parámetro de frecuencia de error calculado;

- proporcionar la señal de corrección de frecuencia Doppler generada a un módulo mezclador, donde el módulo mezclador también recibe la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler;
 - asignar un signo para la señal de corrección de frecuencia Doppler; y
- 5
- mezclar, por el módulo mezclador, la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler y la señal de corrección de frecuencia Doppler con el signo asignado; y
 - proporcionar al módulo receptor una señal corregida de salida que comprende la señal mezclada por el mezclador.
- 10
- La presente invención asigna un signo para la señal de corrección de manera que se minimice la frecuencia de corrección, para ello se contemplan los pasos de:
- generar, por el módulo corrector, una primera señal de control asociada a un signo positivo o a un signo negativo;
 - seleccionar, por el módulo mezclador, una de las dos bandas laterales que resultan de
- 15
- la mezcla de la señal de corrección de frecuencia y la señal recibida con desplazamiento de frecuencia Doppler, en función de la primera señal de control generada;
 - obtener, por el módulo receptor, un primer parámetro de frecuencia de error;
 - generar, por el módulo corrector, una segunda señal de control asociada al signo contrario;
- 20
- seleccionar, por el módulo mezclador, la banda lateral contraria a la seleccionada anteriormente, en función de la segunda señal de control generada;
 - obtener, por el módulo receptor, un segundo parámetro de frecuencia de error; y
 - proporcionar al módulo mezclador la señal de control correspondiente al menor parámetro de frecuencia de error obtenido, entre el primer y segundo parámetro de
- 25
- frecuencia de error.

En una de las realizaciones de la invención, seleccionar una banda lateral en el módulo mezclador comprende conmutar un dispositivo conmutador entre una banda lateral superior y una banda lateral inferior en función de la señal de control proporcionada desde el módulo

30

corrector.

Adicionalmente, una realización particular de la invención contempla acotar el desplazamiento máximo de frecuencia Doppler que puede sufrir la señal recibida, teniendo en cuenta la velocidad a la que se desplaza el dispositivo receptor. Para ello se contemplan los pasos de:

35

- determinar una velocidad de desplazamiento del dispositivo receptor;

- determinar un máximo de desplazamiento de frecuencia Doppler, basado en la velocidad determinada;
 - comprobar que el parámetro de frecuencia de error es menor que el máximo desplazamiento de frecuencia Doppler determinado para la velocidad determinada; y
 - 5 - en caso contrario, asignar el signo contrario a la señal de corrección de frecuencia Doppler. Así, ventajosamente, se interpreta que si la frecuencia de error sobrepasa el límite máximo, el signo ha sido asignado erróneamente y debe cambiarse al signo opuesto, lo que resultará en la correcta cancelación del efecto Doppler.
- 10 En una realización de la presente invención se contempla un control continuo, ejercido por el módulo corrector, del signo asignado a la señal de corrección de frecuencia Doppler. El control continuo comprende: detectar una variación del parámetro de frecuencia de error por encima de un umbral predeterminado; como resultado de la detección, determinar que se ha producido un cambio de signo en el desplazamiento de frecuencia Doppler de la señal
- 15 recibida; y asignar el signo contrario a la señal de corrección de frecuencia Doppler. Así, ventajosamente se logra el objetivo de minimizar la frecuencia de corrección al asumir que la variación brusca se ha debido al cambio en el signo del desplazamiento de frecuencia Doppler en la señal recibida.
- 20 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un sistema para corregir el efecto Doppler en una señal recibida en un dispositivo receptor de un sistema de comunicaciones móviles. El sistema comprende:
- un módulo receptor configurado para recibir una señal con desplazamiento de frecuencia
 - 25 Doppler y calcular un parámetro de frecuencia de error, donde el parámetro de frecuencia de error corresponde a una diferencia entre una frecuencia esperada preestablecida y la frecuencia de la señal recibida;
 - un módulo corrector configurado para generar una señal de corrección de frecuencia
 - 30 Doppler, basada en el parámetro de frecuencia de error calculado por el módulo receptor; proporcionar la señal de corrección de frecuencia Doppler generada a un módulo mezclador; y asignar un signo para la señal de corrección de frecuencia Doppler; y
 - un módulo mezclador configurado para; mezclar la señal con desplazamiento de
 - 35 frecuencia Doppler con la señal de corrección de frecuencia Doppler, según el signo

asignado; y proporcionar una señal corregida de salida (6) que comprende la señal mezclada.

Adicionalmente, en una de las realizaciones de la invención, se contemplan unos medios
5 sensores de velocidad, donde el módulo corrector está además configurado para determinar una velocidad de desplazamiento del dispositivo receptor, basada en unas medidas proporcionadas por los medios sensores de velocidad; determinar un máximo de desplazamiento de frecuencia Doppler, basado en la velocidad determinada; comprobar que el parámetro de frecuencia de error es menor que el máximo desplazamiento de frecuencia
10 Doppler determinado para la velocidad determinada; y en caso contrario, asignar el signo contrario a la señal de corrección de frecuencia Doppler.

El módulo corrector, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, comprende un procesador y un sintetizador digital directo, controlado por el procesador, configurados para
15 generar frecuencias sinusoidales equivalentes a la de la señal recibida de entrada.

El módulo mezclador, de acuerdo a una de las realizaciones de la invención, es un mezclador de rechazo de imagen configurado para seleccionar una de las dos bandas laterales que resultan de la mezcla de la señal de corrección de frecuencia y la señal recibida con
20 desplazamiento de frecuencia Doppler, en función una señal de control proporcionada por el módulo corrector.

El mezclador de rechazo de imagen, según una realización específica de la invención, comprende además un dispositivo conmutador configurado para conmutar entre una banda
25 lateral superior y una banda lateral inferior, en función de la señal de control.

En una de las realizaciones de la invención, el sistema comprende un teléfono móvil que aloja el módulo receptor, el módulo corrector y el módulo receptor. Así, ventajosamente, todos los elementos están implementados en el propio dispositivo receptor y permiten la cancelación
30 del efecto Doppler en cualquier comunicación recibida en el teléfono móvil, aunque este se encuentra en un sistema de alta velocidad.

En una realización particular de la invención, el sistema se implementa en un único dispositivo electrónico, el cual se intercala entre la antena del receptor del móvil y la estación base del sistema de comunicaciones móviles, de manera que permite las comunicaciones
35 independientemente de la velocidad a la que el teléfono móvil se desplace.

Un último aspecto de la invención se refiere a un programa de ordenador que comprende medios de código configurados para realizar los pasos descritos anteriormente, cuando dicho programa se ejecuta sobre un ordenador, un procesador de señal digital, una disposición de puertas programables, un circuito integrado, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

Ventajosamente la presente invención permite el funcionamiento de sistemas de comunicaciones móviles, por ejemplo 3G y 4G, a velocidades muy superiores a las que fueron diseñados, resolviendo así el problema de los sistemas de transportes de alta velocidad actuales, en los que se manejan velocidades superiores a 300km/h que deterioran notablemente las prestaciones a medida que aumenta la velocidad, como consecuencia del desplazamiento de la frecuencia del enlace por el efecto Doppler.

El dispositivo de la presente invención puede incorporarse tanto a la entrada del receptor (normalmente un teléfono móvil) de un sistema de comunicaciones móviles como a la estación base, de manera que cancela el desplazamiento Doppler generado por la velocidad corrigiendo la frecuencia de la señal recibida por el móvil en función de su velocidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la descripción de la invención y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de sus características, de acuerdo con un ejemplo de realización de la misma, se acompaña un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado las siguientes figuras:

La **figura 1** muestra un diagrama de bloques, según una de las realizaciones de la invención, del sistema corrector del desplazamiento Doppler, que comprende un mezclador de rechazo de imagen, un generador de corrección Doppler y un receptor.

La **figura 2** muestra el esquema del mezclador de rechazo de imagen de la figura 1, en el cual se elimina una de las dos bandas laterales generadas en el proceso de mezcla de la señal de entrada y la señal de corrección Doppler.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención divulga un método y un sistema de corrección del efecto Doppler de una comunicación móvil en un entorno de alta velocidad.

El sistema corrector de efecto Doppler de la presente invención comprende un circuito electrónico y un procesador que ventajosamente estiman y corrigen el desplazamiento Doppler de la frecuencia que se produce en las señales de radio como consecuencia de la velocidad de desplazamiento del teléfono móvil. Para ello, en una de las realizaciones de la invención, se propone un circuito electrónico que comprende un mezclador de frecuencias **1**, un generador de corrección Doppler **2** y un receptor de comunicaciones móviles **3**.

Como se muestra en la **figura 1** la señal recibida por el sistema es una señal con un cierto desplazamiento Doppler, por lo que resulta de la suma de una frecuencia central f_0 más una frecuencia de desplazamiento Doppler f_D . En la entrada del sistema, para compensar las pérdidas, se cuenta con un amplificador de bajo ruido **4**. La salida del amplificador está conectada con el mezclador de frecuencias **1** como elemento principal para controlar el Doppler de la señal de entrada **5**. El empleo de este mezclador de frecuencias permite un elevado rechazo de una de las dos bandas laterales que se generan en el proceso de mezcla, de forma que el receptor de comunicaciones móviles **3** del sistema no se ve afectado por el mismo y recibe directamente una señal con el Doppler cancelado.

El módulo generador de la corrección Doppler **2**, conectado entre el receptor de comunicaciones móviles **3** y el mezclador de frecuencias **1**, comprende un circuito electrónico con un generador digital de frecuencia, basado en un sintetizador digital directo y controlado por un procesador. Este circuito es capaz de generar frecuencias sinusoidales con una elevada precisión en frecuencia, de forma que genera una frecuencia equivalente a la de la señal de entrada. El procesador de este módulo generador de la corrección Doppler realiza el cálculo de la corrección Doppler empleando como parámetros de entrada la velocidad del receptor, por ejemplo el teléfono móvil del usuario (V_M), que se emplea para calcular cual sería el valor máximo de frecuencia Doppler esperado, y el parámetro de error de frecuencia Doppler (f_{err}) generado por el receptor **3**, que consiste en la variación de frecuencia entre la recibida y el Doppler generado. En función de estos parámetros se calcula la frecuencia de corrección Doppler $f_{Dop(t)}$ y su signo, de forma que se minimice la frecuencia error entregada por el receptor.

La **figura 2** muestra una realización en detalle de un dispositivo mezclador de frecuencias **1**, en el que se emplea un mezclador de rechazo de imagen **20**. El mezclador con rechazo de frecuencia imagen **20** es útil para filtrar la frecuencia imagen (frecuencia simétrica de la señal)

a la salida del mezclador y quedarnos únicamente con la señal de salida que minimiza la frecuencia de error. En la figura 2 puede verse que el circuito mezclador con rechazo de frecuencia imagen **20** comprende dos mezcladores **21**, **22** que reciben la señal de frecuencia de corrección $f_{Dop(t)}$ generada por el módulo corrector **2**, a los que se aplica la señal recibida **5** $R(t)$ a través de un acoplador de 90° **23**. En la salida se dispone un conmutador **24** conectado con un segundo acoplador 90° **25**, que recibe la señal de control $(+/-f_{Dop})$ enviada desde el módulo corrector **2**, de manera que, en función del signo asignado, el conmutador selecciona una de las dos bandas laterales, mientras que la banda imagen es rechazada. De esta manera, este mezclador de rechazo de imagen **20** permite seleccionar rápidamente una de **10** las dos bandas laterales en función de si el desplazamiento Doppler es positivo o negativo, lo que permite que el receptor reciba la señal corregida, ya sin el efecto Doppler que ha sido cancelado.

15 De acuerdo a una de las realizaciones de la invención, una señal transmitida por un sistema de comunicaciones móviles llega a un teléfono móvil que se desplaza a alta velocidad. Esta señal recibida $R(t)$ tiene, como consecuencia de la velocidad (V_M) a la que se desplaza el móvil respecto de la estación base de comunicaciones, un desplazamiento Doppler que puede ser positivo o negativo $+/-f_D$. La señal $R(t)$ es mezclada con una frecuencia generada por el **20** módulo generador de corrección Doppler de forma que la señal de salida **6** $R'(t)$ llega al receptor **3** ya sin desplazamiento Doppler.

La frecuencia de corrección $f_{Dop(t)}$ generada por el módulo generador de corrección Doppler es una señal de baja frecuencia necesaria para corregir el Doppler generado en la propagación. **25** Esta frecuencia va desde los 0Hz hasta algunas decenas de KHz, como puede verse en la tabla 1, y se ajusta en función de la velocidad (que puede obtenerse por ejemplo gracias al odómetro del vehículo en el que viaja el receptor), que permite acotar una frecuencia máxima, y del ángulo de llegada de la señal al móvil, donde el ángulo de llegada marca el signo y la frecuencia Doppler.

30 La estimación del signo de la corrección Doppler también se lleva a cabo en el módulo generador de corrección Doppler, ya que resulta necesario proporcionar una señal de control $(+/-f_{Dop})$ al módulo mezclador de frecuencias **1** para seleccionar el signo de la frecuencia de corrección $f_{Dop(t)}$.

35

El signo del Doppler se determina en función de la señal de error (f_{err}) suministrada por el receptor siguiendo un método iterativo, de manera que el signo se calcula inicialmente probando los dos signos (+/-) y eligiendo el que genera una menor frecuencia de error (f_{err}). Adicionalmente, se establecen unas cotas máximas para la máxima frecuencia de error esperada, que se calculan en función de la velocidad del móvil (V_M), con lo que una vez calculada la frecuencia de corrección con uno de los signos asignado aleatoriamente, si el signo asignado provoca que la frecuencia de error sea mayor que la máxima frecuencia de error esperada, el procesador cambiará inmediatamente al signo contrario la frecuencia de corrección $f_{Dop(t)}$.

10

Una vez determinado el signo inicial, el modulo generador de la corrección Doppler o simplemente *módulo corrector*, sigue ejerciendo un control del signo, siempre con el objeto de minimizar la señal f_{err} . Así, cuando detecta una variación brusca de f_{err} , en la que su valor se eleve bruscamente, el módulo corrector determina que se ha producido un cambio de signo del Doppler y cambia el signo de la señal de control ($\pm f_{Dop}$) proporcionada al módulo mezclador con objeto de minimizar f_{err} .

15

En función del signo proporcionado, el mezclador de frecuencias **1** selecciona la banda lateral correspondiente, donde por ejemplo, de acuerdo a la figura **2**, un signo positivo se corresponde con la banda lateral superior y un signo negativo con la banda lateral inferior.

20

En el siguiente ejemplo, proporcionado de modo ilustrativo, se describe en detalle el cálculo de la frecuencia de error (f_{err}) y la elección del signo de la frecuencia Doppler $f_{Dop(t)}$ en el módulo generador de corrección **2**, según una realización de la invención. En primer lugar, se parte de una señal recibida **5** $R(t)$ que incluye el desplazamiento Doppler:

25

$$R(t) = f_o + f_D;$$

con lo que la señal de salida **6** $R'(t)$ proporcionada por el mezclador es:

30

$$R'(t) = f_o + (f_D \pm f_{DOP(t)}) = f_o + f_{err}$$

Asumiendo que, en el instante inicial (t_0), el modulo corrector **2** realiza una estimación de la frecuencia de corrección $f_{DOP(t)}=0$, la señal de salida **6** del mezclador es igual a la señal de entrada **5** y, por tanto la frecuencia de error inicialmente será igual a la frecuencia de desplazamiento Doppler:

35

$$R'(t)=R(t) \text{ y } f_{\text{err}}(t_0)=f_D$$

5 En el siguiente instante (t_1) el modulo corrector genera $f_{\text{DOP}}(t_1)$ con un signo aleatorio +/- de forma que el procesador evalúa cuál de los dos signos resulta en una frecuencia de error menor y la escoge:

$$f_{\text{err}}(t_1) < f_{\text{err}}(t_0) = \text{El signo inicial es el correcto}$$

$$f_{\text{err}}(t_1) > f_{\text{err}}(t_0) = \text{El signo es el contrario}$$

10

Una vez el signo correcto ha sido determinado, el modulo corrector **2** mantiene este signo hasta que detecte una variación brusca en el valor de $f_{\text{err}}(t)$, en cuyo caso vuelve a iniciar el proceso de ajuste de signo.

15 La presente invención tiene aplicación en cualquier sistema de comunicaciones móviles, especialmente en aquellos sistemas de transporte de alta velocidad como ferrocarriles y aviones.

20 La presente invención no debe verse limitada a la forma de realización aquí descrita. Otras configuraciones pueden ser realizadas por los expertos en la materia a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para corregir el efecto Doppler en una señal recibida en un dispositivo receptor de un sistema de comunicaciones móviles, donde el método está caracterizado por que
- 5 comprende los siguientes pasos:
- recibir una señal con desplazamiento de frecuencia Doppler (5);
 - calcular un parámetro de frecuencia de error, por un módulo receptor (3), donde el parámetro de error corresponde a una diferencia entre una frecuencia esperada preestablecida y la frecuencia de la señal recibida en el módulo receptor (3);

10

 - generar una señal de corrección de frecuencia Doppler en un módulo corrector (2), basada en el parámetro de frecuencia de error calculado;
 - proporcionar la señal de corrección de frecuencia Doppler generada a un módulo mezclador (1), donde el módulo mezclador también recibe la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler;

15

 - asignar un signo para la señal de corrección de frecuencia Doppler; y
 - mezclar, por el módulo mezclador, la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler y la señal de corrección de frecuencia Doppler con el signo asignado; y
 - proporcionar al módulo receptor (3) una señal corregida de salida (6) que comprende la señal mezclada por el mezclador.

20
2. Método de acuerdo a la reivindicación 1 donde asignar un signo para la señal de corrección comprende:
- generar, por el módulo corrector, una primera señal de control asociada a un signo positivo o a un signo negativo;

25

 - seleccionar, por el módulo mezclador, una de las dos bandas laterales que resultan de la mezcla de la señal de corrección de frecuencia y la señal recibida con desplazamiento de frecuencia Doppler, en función de la primera señal de control generada;
 - obtener, por el módulo receptor, un primer parámetro de frecuencia de error;
 - generar, por el módulo corrector, una segunda señal de control asociada al signo

30

 - contrario;
 - seleccionar, por el módulo mezclador, la banda lateral contraria a la seleccionada anteriormente, en función de la segunda señal de control generada;
 - obtener, por el módulo receptor, un segundo parámetro de frecuencia de error; y

- proporcionar al módulo mezclador la señal de control correspondiente al menor parámetro de frecuencia de error obtenido, entre el primer y segundo parámetro de frecuencia de error.
- 5 **3.** Método de acuerdo a la reivindicación 2, donde seleccionar una banda lateral en el módulo mezclador comprende conmutar un dispositivo conmutador (24) entre una banda lateral superior y una banda lateral inferior en función de la señal de control proporcionada desde el módulo corrector (2).
- 10 **4.** Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende:
- determinar una velocidad de desplazamiento del dispositivo receptor;
 - determinar un máximo de desplazamiento de frecuencia Doppler, basado en la velocidad determinada;
- 15 - comprobar que el parámetro de frecuencia de error es menor que el máximo desplazamiento de frecuencia Doppler determinado para la velocidad determinada; y
- en caso contrario, asignar el signo contrario a la señal de corrección de frecuencia Doppler.
- 20 **5.** Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo corrector ejerce un control continuo del signo asignado a la señal de corrección de frecuencia Doppler, que comprende:
- detectar una variación del parámetro de frecuencia de error por encima de un umbral predeterminado;
- 25 - como resultado de la detección, determinar que se ha producido un cambio de signo en el desplazamiento de frecuencia Doppler de la señal recibida; y
- asignar el signo contrario a la señal de corrección de frecuencia Doppler.
- 30 **6.** Sistema para corregir el efecto Doppler en una señal recibida en un dispositivo receptor de un sistema de comunicaciones móviles, donde el sistema está caracterizado por que comprende:
- un módulo receptor (3) configurado para recibir una señal con desplazamiento de frecuencia Doppler y calcular un parámetro de frecuencia de error, donde el parámetro de frecuencia de error corresponde a una diferencia entre una frecuencia esperada
- 35 preestablecida y la frecuencia de la señal recibida;

- un módulo corrector (2) configurado para generar una señal de corrección de frecuencia Doppler, basada en el parámetro de frecuencia de error calculado por el módulo receptor; proporcionar la señal de corrección de frecuencia Doppler generada a un módulo mezclador (1); y asignar un signo para la señal de corrección de frecuencia Doppler; y

- un módulo mezclador (1) configurado para; mezclar la señal con desplazamiento de frecuencia Doppler con la señal de corrección de frecuencia Doppler, según el signo asignado; y proporcionar una señal corregida de salida (6) que comprende la señal mezclada.

7. Sistema de acuerdo a la reivindicación 6 que además comprende unos medios sensores de velocidad, donde el módulo corrector está además configurado para determinar una velocidad de desplazamiento del dispositivo receptor, basada en unas medidas proporcionadas por los medios sensores de velocidad; determinar un máximo de desplazamiento de frecuencia Doppler, basado en la velocidad determinada; comprobar que el parámetro de frecuencia de error es menor que el máximo desplazamiento de frecuencia Doppler determinado para la velocidad determinada; y en caso contrario, asignar el signo contrario a la señal de corrección de frecuencia Doppler.

8. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 6-7 donde el módulo corrector comprende un procesador y un sintetizador digital directo, controlado por el procesador, configurados para generar frecuencias sinusoidales equivalentes a la de la señal recibida de entrada.

9. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 6-8 donde el módulo mezclador es un mezclador de rechazo de imagen (20) configurado para seleccionar una de las dos bandas laterales que resultan de la mezcla de la señal de corrección de frecuencia y la señal recibida con desplazamiento de frecuencia Doppler, en función una señal de control proporcionada por el módulo corrector.

10. Sistema de acuerdo a la reivindicación 9 donde el mezclador de rechazo de imagen comprende además un dispositivo conmutador (24) configurado para conmutar entre una banda lateral superior y una banda lateral inferior, en función de la señal de control.

11. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 6–10 que además comprende un teléfono móvil que aloja el módulo receptor, el módulo corrector y el módulo receptor.

12. Un programa de ordenador que comprende medios de código configurados para realizar los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, cuando dicho programa se ejecuta sobre un ordenador, un procesador de señal digital, una disposición de puertas programables, un circuito integrado, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable.

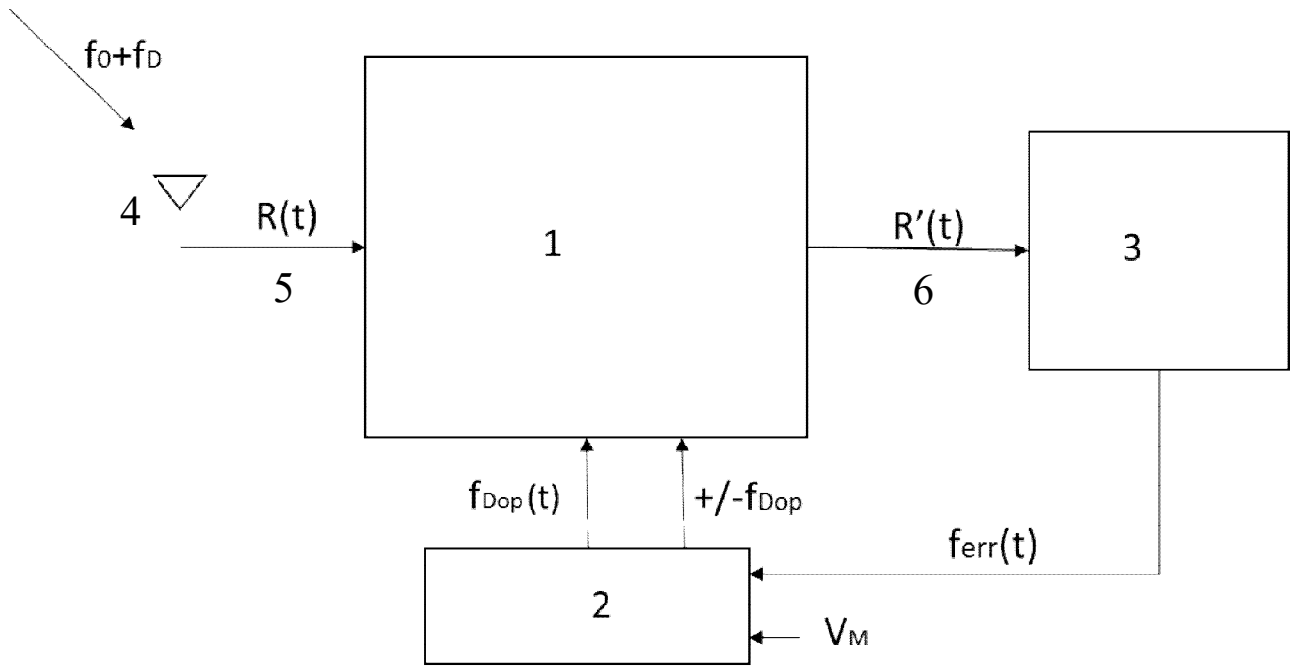


FIG. 1

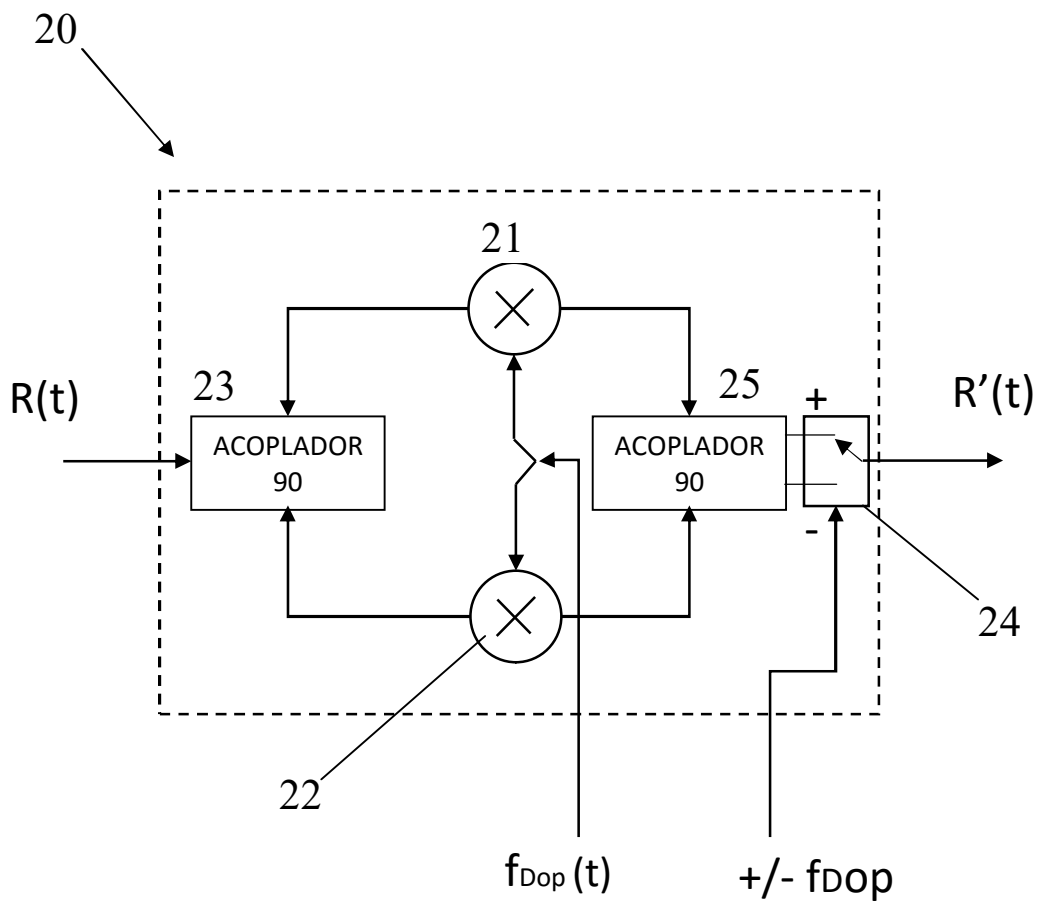


FIG. 2