

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 361**

51 Int. Cl.:

H04B 1/10 (2006.01)

H04B 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2013 PCT/IB2013/056300**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14020558**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2013 E 13777136 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2880766**

54 Título: **Receptor de frecuencia intermedia con selección dinámica de la frecuencia intermedia utilizada**

30 Prioridad:

31.07.2012 IT TO20120681

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**LEONARDO S.P.A. (100.0%)
Piazza Monte Grappa 4
Roma, IT**

72 Inventor/es:

**PROSPERI, ANTONIO;
NESI, FILIPPO;
GIULIANI, STEFANO y
FAGIOLI, GABRIELE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 606 361 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

Receptor de frecuencia intermedia con selección dinámica de la frecuencia intermedia utilizada

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a receptores de frecuencia intermedia en los que la frecuencia intermedia utilizada en recepción se selecciona dinámicamente para rechazar cualquier señal de interferencia.

Estado del arte

Como es sabido, actualmente los sistemas de radiocomunicación usan a menudo los llamados receptores de frecuencia intermedia (IF), que están diseñados para:

- recibir señales de radiofrecuencia (RF)
- 10 • desplazar las señales RF recibidas a una IF predeterminada
- procesar, por ejemplo, filtrar, las señales IF
- cambiar las señales IF procesadas a banda base (BB);
- procesar las señales By.

15 El uso de la conversión IF permite el uso de componentes electrónicos, tales como amplificadores, filtros, analógico/digital conversiones (A/D), etc., para procesar las señales IF, siendo estos componentes menos costosos y/o más eficaces que los necesarios para el correspondiente procesamiento directo de señales RF. Por ejemplo, el uso del desplazamiento IF permite el uso de filtros de frecuencia altamente selectivos que no se podrían fabricar o que serían excesivamente costosos para el procesamiento directo de RF.

20 La figura 1 muestra un diagrama de bloques funcional que representa una arquitectura típica de un receptor IF (indicado como un todo por el número de referencia 10).

En particular, como se muestra en la Figura 1, el receptor IF 10 comprende:

- una antena 11 diseñada para recibir una señal RF;
- un amplificador 12 conectado a la antena 11 y diseñado para amplificar la señal RF recibida por la antena 11;
- 25 • un desmodulador 13 de vector IF, que a continuación también se denominará mezclador de IF análogo y que está conectado al amplificador 12 y diseñado para desplazar la señal de RF amplificada por el amplificador 12 a IF que emite un correspondiente componente de fase de IF (I) y un componente en cuadratura IF correspondiente (Q);
- medios 14 de filtración de paso bajo conectados al desmodulador 13 de vector IF y diseñados para aplicar filtrado de paso bajo a los componentes de IF I y Q proporcionados por el desmodulador de IF 13;
- 30 • medios 15 de conversión A/D conectados a los medios 14 de filtración de paso bajo y diseñados para convertir los componentes de IF analógicos I y Q filtrados por los medios 14 de filtración de paso bajo en los componentes de IF digitales I y Q correspondientes;
- un desmodulador 16 digital de BB, que se denominará a continuación también como mezclador digital BB y que está conectado a los medios 15 de conversión A/D y está configurado para desmodular los componentes digitales IF I y Q proporcionados por los medios 15 de conversión A/D que emiten una señal BB digital correspondiente; y
- 35 • medios 17 digitales de procesamiento conectados al desmodulador 16 digital BB y configurados para procesar la señal BB digital proporcionada por el desmodulador 16 digital de BB.

40 En uso, cuando recibe una señal del amplificador 12 que tiene un RF f_0 , el desmodulador 13 de vector IF utiliza una señal con una frecuencia f_{OL1} , generada por un primer oscilador 18 local (OL1), para convertir la señal de RF en los componentes correspondientes I Y Q, que tienen un IF f_{IF} igual a $f_0 - f_{OL1}$. En otras palabras, el mezclador 13 analógico IF emite una señal IQ compleja con el mismo contenido de información que la señal de RF recibida por la antena 11 pero desplazada a IF $f_{IF} = f_0 - f_{OL1}$. Los medios 14 de filtrado de paso bajo trabajan en este FI, cuyos medios 14 de filtrado de paso bajo seleccionan el canal deseado y envían la señal compleja filtrada IQ a los medios 15 de conversión A/D, que realiza la conversión A/D correspondiente.

45 Además, el mezclador 16 digital BB utiliza un segundo oscilador 19 local (OL2) para desplazar a BB (es decir, por $-f_{IF}$), la señal digital compleja IQ proporcionada por los medios 15 de conversión A/D.

Convenientemente, el mezclador 16 digital BB, los medios 17 de procesamiento digital y el OL2 19 se implementan por medio de un procesador de señales digitales (DSP) y/o como matrices de puertas programables en campo (FPGA) (indicado como un todo en la Figura 1 por el número de referencia 20). En particular, el OL2 19 se puede implementar mediante un proceso computacional del FPGA, o mediante un firmware en el DSP.

5 Como se sabe, los receptores IF sufren el denominado problema de banda de imagen. Con el fin de describir este problema en detalle, la Figura 2 muestra un ejemplo de un escenario operativo en el que el receptor IF 10 está diseñado para recibir una señal útil de banda estrecha. S en RF $f_0 = 400\text{MHz}$ con $f_{OL1} = 399.9\text{MHz}$ y, por lo tanto, con $f_{IF} = 100\text{kHz}$. En este escenario, debido al equilibrio imperfecto de las ramas I y Q, una señal interferente I1 posicionada a 399.8MHz, es decir a -100kHz con respecto a la referencia a 0 Hz, como se muestra en la Figura 2, produce una
10 señal de imagen de cocanal I1i a + 100 kHz que se superpone a la señal útil S.

En general, los receptores 20 DSP y/o FPGA de IF están configurados para realizar una llamada función de compensación de desequilibrio de RF para compensar las distorsiones geométricas presentes en la cadena de recepción y los receptores IF se someten a procesos de calibración en las ramas I y Q específicamente para mitigar el problema de banda de imagen. Sin embargo, siempre con referencia al escenario de la figura 2, si la potencia de la
15 señal interferente I1 a -100kHz es mucho mayor que la potencia de la señal útil S a + 100kHz, en particular si la diferencia D entre las potencias de los dos señales I1 y S son superiores a 40dB (es decir, $D > 40\text{dB}$), la función de compensación de desequilibrio de RF y la calibración de las ramas I y Q podrían no garantizar un rechazo suficiente de la señal interferente I1, o bien podrían no garantizar una imagen de cocanal I1i suficientemente "pequeña" para permitir la desmodulación y procesamiento correctos de la señal útil S por el DSP y/o FPGA 20.

20 Además, la Figura 2 muestra también una señal de interferencia adicional I0 a 0 Hz producida por señales de interferencia, incluso lejanas ($> 0.1\text{MHz}$), debido a la característica cuadrática del desmodulador 13 de vector IF.

En el pasado, se ha investigado y desarrollado alguna estrategia para tratar de mitigar el problema de la banda de imagen. Por ejemplo, la solicitud de patente de los Estados Unidos US 2006/0141974 A1 propone un mezclador de
25 baja IF para convertir hacia abajo una señal de RF a un IF fijo predeterminado, en el que se evalúa la energía de las bandas laterales del IF predeterminado para seleccionar, la desmodulación IF de la señal de RF, la frecuencia del respectivo oscilador local (RF + IF o RF-IF) asociado con la banda lateral que tiene un nivel de energía más bajo. En otras palabras, de acuerdo con el documento US 2006/0141974 A1, la selección de la frecuencia para el oscilador local (RF + IF o RF-IF) se realiza sobre la base de la energía medida previamente en el espectro. En particular, de acuerdo con el documento US 2006/0141974 A1, el valor de frecuencia seleccionado para el oscilador local (RF + IF
30 o RF-IF) es el que, sobre la base de las mediciones de energía realizadas previamente, permite obtener una señal recibida que tiene un valor inferior nivel de energía.

Desafortunadamente, el mezclador de baja IF descrito en el documento US 2006/0141974 A1 no permite resolver completamente el problema de banda de imagen. De hecho, el mezclador de baja IF de acuerdo con el documento
35 US 2006/0141974 A1 no permite la desmodulación correcta de una señal útil recibida en el caso en el que las señales de interferencia crean interferencia en ambas bandas laterales del IF predeterminado.

Además, la patente US 8,160,529 B1 describe un receptor de RF que incluye: un oscilador local que recibe una señal de control y que genera una señal de oscilador local a una frecuencia de oscilador local basada en la señal de control; un mezclador IF analógico que genera una señal IF basada en una señal de RF y la señal del oscilador local; un

40 Mezclador digital BB que genera una señal BB basada en la señal IF y una señal de oscilador FI; Y un módulo de supervisión de canal que genera la señal de control basada en la señal BB.

Desafortunadamente, el receptor de acuerdo con el documento US 8,160,529 B1 sufre de un problema técnico importante, a saber, la búsqueda y selección de un nuevo IF para su uso en recepción con el fin de reducir la interferencia, que sólo puede llevarse a cabo interrumpiendo la recepción Servicio. Además, utilizar el receptor de
45 acuerdo con US 8,160,529 B1 en un escenario de RF variable (común en dispositivos móviles), puede ser necesario interrumpir frecuentemente la recepción, produciendo periodos continuos y prolongados de indisponibilidad del servicio que ciertas aplicaciones podrían no tolerar.

Para minimizar este problema, se recurre en la patente estadounidense US 8,160,529 B1 a una tabla de consulta especialmente proporcionada para almacenar todos los parámetros de evaluación adquiridos, para poder recordarlos en casos de degradación de recepción. Sin embargo, una vez poblada con los parámetros de evaluación adquiridos,
50 esta tabla ya no se actualiza y, por ello, podría no ser válida en los casos en que el escenario RF ha cambiado entre tanto.

También debe observarse que, según el documento US 8,160,529 B1, con el fin de acelerar la creación de la tabla antes mencionada, el número de IFs está limitado a factores discretos múltiples de N (donde N es un número entero positivo).

Además, la solicitud de patente de los Estados Unidos US 2007/0207736 A1 describe un método para reducir la interferencia de canal adyacente que incluye: determinar un canal deseado de una señal de RF; determinar una pluralidad de oscilaciones locales para el canal deseado; determinar un nivel proximal de potencia de una frecuencia de imagen de cada una de la pluralidad de oscilaciones locales potenciales para producir una pluralidad de niveles proximales de potencia; y seleccionar una de la pluralidad de oscilaciones locales potenciales para convertir hacia abajo el canal deseado en base a la pluralidad de niveles de potencia proximales.

De acuerdo con el documento US 2007/0207736 A1, la búsqueda de una frecuencia IF favorable se lleva a cabo durante una fase preliminar antes de comenzar la recepción real (es decir, cuando el receptor todavía no está activo).

En el proceso, como en el caso de la patente US 8,160,529 B1, la fiabilidad del servicio de recepción puede ser precaria si el receptor es del tipo móvil y, en consecuencia, los niveles del espectro de recepción son variables (dado que el receptor podría ser movido).

Para minimizar el problema de una larga y larga interrupción de servicio, de acuerdo con el documento US 2007/0207736 A1, se introduce el almacenamiento de la última frecuencia de oscilación local utilizada para un canal de recepción específico previamente activado. Sin embargo, esta estrategia no puede resolver el problema para los receptores móviles porque, al cambiar la posición del receptor, podría ser necesario encontrar un nuevo IF favorable y la frecuencia de oscilación local previamente utilizada podría no ser válida.

Además, la solicitud de patente de los Estados Unidos US 2009/0310721 A1 describe un método para seleccionar una IF que incluye: medir una primera calidad de señal sobre un primer canal en una primera IF; medir una segunda calidad de señal en el primer canal en una segunda IF; y seleccionando el IF con la mejor calidad de señal.

En particular, la solicitud de patente de los Estados Unidos US 2009/0310721 A1 se refiere al sector de receptores de televisión, en el que el modo de modulación OFDM implica el uso de una transformada rápida de mensajería (FFT), necesaria para la desmodulación QPSK múltiple de todos los símbolos de los innumerables QPSK Portadores en el canal recibido.

También en el caso de la US 2009/0310721 A1 (como en US 8,160,529 B1 y US 2007/020773.6 A1), la búsqueda del mejor IF se realiza en detrimento de la interrupción del servicio de recepción "normal". Naturalmente, en el sector de receptores de televisión, la interrupción del servicio de recepción normal para permitir la búsqueda del mejor -IF es tolerada porque esta búsqueda se incorpora generalmente en la búsqueda automática prolongada de canales de televisión. Además, puesto que un receptor de televisión es generalmente estacionario, la elección de la mejor IF será válida durante mucho tiempo.

Además, la solicitud de patente de los Estados Unidos US 2005/0143040 A1 describe un método y un aparato para mejorar la calidad de la señal en un receptor inalámbrico. De acuerdo con el documento US 2005/0143040 A1, una imagen de una señal deseada es convertida hacia abajo a una señal BB correspondiente por un convertidor digital y se determina la energía de esta señal BB. Si la energía de la señal BB es igual o mayor que un umbral predeterminado, entonces la IF se intercambia para cualquier entrada de señales. En su lugar, si la energía de la señal BB es menor que un umbral predeterminado, entonces el IF se mantiene para cualquier señal entrante.

En particular, el receptor inalámbrico de acuerdo con el documento US 2005/0143040 A1 utiliza una matriz de conmutación que permite la desmodulación a BB, alternativamente, del canal deseado o de la frecuencia de imagen. En otras palabras, el receptor inalámbrico de acuerdo con el documento US 2005/0143040 A1 intercambia los componentes I y Q entre sí y mide, en instantes sucesivos de tiempo, tanto la energía del canal deseado como la energía de la señal de banda de imagen. Sin embargo, también este procedimiento (como es también el caso de US 8,160,529 B1, US 2007/0207736 A1 y US 2009/0310721 A1), implica la interrupción del servicio de recepción normal

Objeto y sumario de la invención

El objetivo de la presente invención es, por lo tanto, proporcionar un receptor IF que sea capaz, en general, de resolver el problema de banda de imagen y, en particular, de rechazar cualquier señal de interferencia para asegurar una desmodulación correcta de una señal útil recibida sin tener que Interrumpir el servicio de recepción.

El objeto antes mencionado se consigue mediante la presente invención en la medida en que se refiere a un receptor, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

En particular, el objeto antes mencionado se consigue mediante la presente invención en la medida en que se refiere a un receptor configurado para recibir una señal de radiofrecuencia y que comprende:

- un desmodulador vectorial configurado para desmodular la señal de radiofrecuencia recibida en una frecuencia de recepción intermedia que emite un componente analógico en fase correspondiente y un componente analógico en cuadratura correspondiente que tiene dicha frecuencia de recepción intermedia;

ES 2 606 361 T3

- un primer oscilador local acoplado con el desmodulador de vectores y configurado para proporcionar dicho desmodulador vectorial con una primera frecuencia de funcionamiento relacionada con la frecuencia de recepción intermedia;
 - medios de filtrado configurados para filtrar los componentes analógicos en fase y en cuadratura;
- 5
- medios de conversión de analógico a digital configurados para convertir los componentes analógicos y analógicos filtrados en fase en componentes digitales en fase y en cuadratura correspondientes;
 - un desmodulador de banda base digital configurado para realizar la desmodulación en banda base de los componentes digitales en fase y en cuadratura que emiten una señal de banda base digital correspondiente;
- 10
- un segundo oscilador local acoplado con el desmodulador de banda base digital y configurado para proporcionar dicho desmodulador digital de banda base con una segunda frecuencia de funcionamiento relacionada con la frecuencia de recepción intermedia;
 - medios de procesamiento digital configurados para procesar la señal de banda base digital; y
 - una rama de supervisión configurada para
- 15
- llevar a cabo, sobre la base de los componentes digitales en fase y en cuadratura, un control de la interferencia experimentada en una pluralidad de frecuencias intermedias utilizables en recepción, y
 - seleccionar la frecuencia de recepción intermedia de las frecuencias intermedias utilizables en recepción sobre la base de la monitorización de interferencias realizada.

El receptor de acuerdo con la presente invención se caracteriza porque la rama de supervisión comprende:

- 20
- un mezclador digital configurado para realizar desplazamientos de frecuencia en tiempo real de los componentes digitales en fase y en cuadratura que emiten, para cada cambio de frecuencia en tiempo real realizado, una señal digital desplazada correspondiente; en el que cada cambio de frecuencia en tiempo real realizado por el mezclador digital está asociado con una frecuencia intermedia correspondiente utilizable en recepción;
 - un tercer oscilador local acoplado con el mezclador digital y configurado para proporcionar dicho mezclador digital con terceras frecuencias de funcionamiento, estando cada tercera frecuencia de funcionamiento relacionada con una
- 25
- frecuencia intermedia correspondiente utilizable en recepción; y
 - una unidad de monitorización configurada para
- realizar, sobre la base de las señales digitales desplazadas emitidas por el mezclador digital, una monitorización en tiempo real de la interferencia experimentada en la frecuencia de recepción intermedia actualmente utilizada y también en las otras frecuencias intermedias utilizables en recepción,
- 30
- cambiar en tiempo real la frecuencia intermedia de recepción utilizada sobre la base del control de interferencias en tiempo real cambiando en tiempo real la primera frecuencia de funcionamiento proporcionada por el primer oscilador local al desmodulador vectorial y la segunda frecuencia de funcionamiento proporcionada por el segundo oscilador local al desmodulador de banda base digital.

Breve descripción de los dibujos

- 35
- Para una mejor comprensión de la presente invención, se ilustrarán ahora algunas realizaciones preferidas, proporcionadas a modo de ejemplo explicativo y no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos (no a escala), en los que:
- La figura 1 muestra esquemáticamente una arquitectura típica de un receptor IF de acuerdo con la técnica conocida;
 - La figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de escenario operativo en el que el receptor IF de la figura 1 sufre el denominado problema de banda de imagen;
- 40
- La Figura 3 muestra esquemáticamente la arquitectura de un receptor IF de acuerdo con una realización preferida de la presente invención; y
 - Las Figuras 4 y 5 muestran esquemáticamente dos posibles elecciones del IF a utilizar en recepción que puede ser empleado por el receptor IF de la Figura 3 para resolver el problema de banda de imagen mostrado en la Figura 2.
- 45
- Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

La siguiente descripción se proporciona para permitir que un experto en el campo incorpore y utilice la invención. Diversas modificaciones de las realizaciones mostradas serán inmediatamente obvias para los expertos y los principios genéricos descritos en el presente documento podrían aplicarse a otras realizaciones y aplicaciones sin apartarse del ámbito de protección de la presente invención.

- 5 Por lo tanto, la presente invención no pretende limitarse a las realizaciones descritas y mostradas en el presente documento, sino que debe concederse el alcance más amplio compatible con los principios y características descritos en el presente documento y definidos en las reivindicaciones adjuntas.

En general, la presente invención se refiere a un receptor IF diseñado para seleccionar dinámicamente el IF utilizado en recepción para rechazar cualquier señal de interferencia.

- 10 En particular, el receptor IF de acuerdo con la presente invención está diseñado para desplazar una señal RF recibida a un IF por medio de un mezclador IF analógico que produce las señales I y Q correspondientes, que son adquiridas por la frecuencia de muestreo A/D de alta conversión y se convierte sucesivamente de IF a BB en el dominio digital por medio de un mezclador digital BB. De acuerdo con la presente invención, el IF utilizado en recepción se elige dinámicamente como una función de una o más señales interferentes posibles y la banda de señal útil.

- 15 En detalle, el receptor IF de acuerdo con la presente invención utiliza una rama de supervisión para inspeccionar la situación espectral simultánea con la recepción en la frecuencia de operación. De esta manera, el receptor IF es capaz de predecir el salto de frecuencia para realizar si las condiciones de RF surgen de tal manera que la IF elegida para recibir en la frecuencia operativa debe ser abandonada. Esta predicción permite recibir siempre en las mejores condiciones con respecto a la interferencia de radio y el ruido, a diferencia de un receptor que sólo selecciona la IF utilizada en recepción a posteriori, o más bien que, después de haber realizado recepción en la frecuencia operativa en condiciones perturbadas, si cambian sin ninguna garantía de fiabilidad con respecto a esa elección.
- 20

Específicamente, el receptor IF de acuerdo con la presente invención utiliza una rama de monitorización capaz de medir la potencia de las señales de interferencia a las frecuencias que podrían causar la desensibilización del receptor.

- 25 Más específicamente, en el receptor IF de acuerdo con la presente invención, se lleva a cabo una monitorización de fondo sobre las señales de interferencia en las diversas IF utilizables por medio de una derivación de cambio de frecuencia oportuna que está conectada a los medios de conversión A/D y lo que permite mantener una tabla actualizada de los valores IF con la calidad de recepción relacionada, sobre la base de la cual se puede elegir el mejor valor de IF por utilizar. De esta manera, se evitan las señales interferentes que entran en la banda de los medios de conversión A/D, típicamente ± 10 MHz, colocando la señal útil en la posición menos perturbada.

- 30 Para una mejor comprensión de la presente invención, la Figura 3 muestra un diagrama de bloques funcional que representa una arquitectura de un receptor IF (indicado como un todo por el número de referencia 30) de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

- En particular, el receptor IF 30 está diseñado para recibir una señal en un RF f_0 , específicamente por medio de una antena oportuna (no mostrada en la Figura 3 por simplicidad de ilustración) convenientemente conectada a un amplificador (esto también no se muestra en Figura 3 para simplificar la ilustración) para la amplificación de la señal RF recibida.
- 35

Además, como se muestra en la Figura 3, el receptor 30 IF comprende:

- un desmodulador 31 de vector IF, que a continuación se denominará también mezclador IF analógico y que está diseñado para desplazar la señal de RF recibida a una recepción IF f_{IF} que emite un componente correspondiente I que tiene dicha recepción IF f_{IF} y un componente correspondiente Q que tiene Dicha recepción IF f_{IF} ; dicho desmodulador 31 de vector IF que utiliza, para el cambio a la recepción IF f_{IF} , una señal con una frecuencia $f_{OL1} = f_0 - f_{IF}$ generada por un primer oscilador local (OL1) 32;
- medios 33 de filtrado de paso bajo acoplados con el desmodulador de vector IF 31 y diseñados para aplicar un filtrado de paso bajo a los componentes I y Q proporcionados por el desmodulador 31 de IF;
- 45 • medios 34 de conversión A/D acoplados con los medios 33 de filtrado de paso bajo y diseñados para convertir los componentes analógicos I y Q filtrados por los medios 33 de filtrado de paso bajo en los componentes digitales I y Q correspondientes;
- un desmodulador 35 digital de BB, que en lo sucesivo se denominará también mezclador digital BB y que está acoplado con los medios 34 de conversión A/D y está configurado para desmodular los componentes digitales I y Q proporcionados por los medios 34 de conversión A/D que emite una señal BB digital correspondiente; dicho desmodulador 31 de vector IF utilizando un segundo oscilador local (OL2) 36. Para el cambio a BB (es decir, por $-f_{IF}$) de la señal compleja digital IQ proporcionada por los medios de conversión A/D 34;

50

ES 2 606 361 T3

- medios 37 digitales de procesamiento acoplados con el desmodulador 35 B digital y configurados para procesar la señal BB digital proporcionada por el desmodulador 35 BB digital;
 - un mezclador 38 digital auxiliar acoplado con los medios 34 de conversión A/D y configurado para realizar cambios de frecuencia de los componentes digitales I y Q proporcionados por los medios 34 de conversión A/D utilizando un tercer oscilador 39 local (OL3) y emitir, para cada cambio de frecuencia realizado, una señal digital desplazada correspondiente; en el que cada cambio de frecuencia realizado por el mezclador 38 digital auxiliar y, por lo tanto, también la señal digital desplazada correspondiente que se emite se asocian con una SI monitorizada correspondiente; y
- 5
- una unidad 40 de monitorización acoplada con el mezclador 38 digital auxiliar, con el OL1 32, con el OL2 36 y con el OL3. 39 y configurado para
- 10
- calcular la potencia respectiva de cada señal digital desplazada proporcionada por el mezclador 38 digital auxiliar,
 - seleccionar la recepción IF f_{IF} de las diversas IF supervisadas sobre la base de las potencias calculadas,
 - controlar el funcionamiento del OL1 32 ajustando la frecuencia de funcionamiento respectiva f_{OL1} sobre la base de la recepción seleccionada IF f_{IF} (donde $f_{OL1} = f_0 - f_{IF}$),
- 15
- controlar el funcionamiento del OL2 36 ajustando la frecuencia de funcionamiento respectiva f_{OL2} sobre la base de la recepción seleccionada IF f_{IF} (donde $f_{OL2} = -f_{IF}$), y
 - controlar el funcionamiento del OL3 39 variando dinámicamente la respectiva frecuencia de funcionamiento f_{OL3} para ser capaz de monitorizar una pluralidad de FIs predeterminadas.
- 20
- Convenientemente, el mezclador 35 digital BB, el OL2 36, el medio 37 de procesamiento digital, el mezclador 38 digital auxiliar, el OL3 39 y la unidad 40 de monitorización se implementan por medio de un DSP y/o un FPGA (indicado como un conjunto en la figura 3 por el número de referencia 41). En particular, el OL2 36 y el OL3 39 pueden ser implementados a través de procesos de computación del FPGA, o a través de firmware en el DSP.
- Preferentemente, los medios de filtrado de paso bajo 33 comprenden:
- 25
- un primer filtro de paso bajo (no mostrado en la Figura 3 para simplificar la ilustración) diseñado para aplicar un filtro de paso bajo al componente I proporcionado por el desmodulador I_f 31; y
 - un segundo filtro de paso bajo (esto también no se muestra en la Figura 3 para simplificar la ilustración) diseñado para aplicar un filtro de paso bajo al componente Q proporcionado por el desmodulador 31 de IF.
- Siempre preferiblemente, los medios de conversión A/D 34 comprenden:
- 30
- un primer convertidor A/D (no mostrado en la Figura 3 para simplificar la ilustración) acoplado con el primer filtro de paso bajo y diseñado para convertir el componente analógico I filtrado por el primer filtro de paso bajo en un componente digital correspondiente I; y
 - un segundo convertidor A/D (esto tampoco se muestra en la Figura 3 para simplificar la ilustración) acoplado con el segundo filtro de paso bajo y diseñado para convertir el componente analógico Q filtrado por el segundo filtro de paso bajo en un componente digital correspondiente Q.
- 35
- Como ocurre en los receptores superheterodinos convencionales, el uso de un IF distinto de cero implica la presencia de una frecuencia de recepción espuria a la frecuencia $f_0 - 2f_{IF}$ cuando OL1 32 trabaja a la frecuencia $f_0 - f_{IF}$. La estructura vectorial del receptor IF 30 reduce parcialmente la frecuencia espuria no deseada, pero sin eliminarla completamente debido a la geometría imperfecta del receptor 30 (desequilibrio fase/ganancia), obteniendo un factor de atenuación de 40-60dB después de la calibración oportuna.
- 40
- La estructura de IF variable según la presente invención evita la perturbación de la señal posicionada en la frecuencia de imagen cambiando el valor de IF, para evitar o minimizar esta perturbación.
- En uso, la unidad 40 de monitorización toma mediciones en el espectro de la señal digital adquirida a frecuencias en las que una señal de interferencia, si es de un nivel alto, podría crear degradación en la recepción de la señal útil.
- 45
- Si el receptor IF 30 está sintonizado para recibir RF f_0 y utiliza IF f_{IF} en recepción, la frecuencia espuria de imagen viene dada por $f_0 - 2f_{IF}$, que corresponde al espectro en el punto $-f_{IF}$ en la señal digital adquirida. La unidad de monitorización 40 compara la potencia de la señal de interferencia P_I medida a la frecuencia $-f_{IF}$ con esa P_U de la señal útil medida en f_{IF} para obtener la diferencia D, que representa el parámetro adecuado para decidir el cambio de IF.

Convenientemente, la unidad 40 de monitorización decide cambiar el IF utilizado en recepción si se encuentra que $D > 40\text{dB}$. Este criterio de selección se aplica a cada uno de los IFs utilizables en recepción.

En particular, durante el uso, la unidad de monitorización 40 almacena y mantiene actualizada una tabla que contiene los valores IF utilizables en recepción y por lo tanto monitorizada, y, para cada valor de IF supervisado:

- 5 • el valor de frecuencia de imagen correspondiente f_{r-Im} (frecuencia donde está presente la imagen falsa);
- el valor de la frecuencia de funcionamiento f_{OL1} de OL1 32;
- el valor de la frecuencia de operación f_{OL2} de OL2 36;
- el valor correspondiente de la frecuencia de operación f_{OL3} de OL3 39;
- la potencia P_I de la señal interferente medida en la frecuencia de imagen correspondiente f_{r-Im} ; y
- 10 • la diferencia D entre dicha potencia medida P_I de la señal interferente y la potencia medida P_U de la señal útil.

Con respecto a esto, a continuación se proporciona un ejemplo de una tabla usada por una unidad de monitorización 40 que, en uso, monitorea cuatro posibles valores de IF, específicamente f_{f1} , f_{f2} , f_{f3} y f_{f4} y que compila esta tabla mientras que la IF El receptor 30 está usando IF $f_{f} = f_{f2}$. En la recepción.

TABLA

IF	f_{r-Im}	f_{OL1}	f_{OL2}	f_{OL3}	PI	D
f_{f1}	$f_0 - 2f_{f1}$	$f_0 - f_{f2}$	$-f_{f2}$	$- (f_{f2} - 2f_{f1})$	P_{I1}	$P_{I1} - P_{U1}$
f_{f2}	$f_0 - 2f_{f2}$	$f_0 - f_{f2}$	$-f_{f2}$	$- (f_{f2} - 2f_{f2})$	P_{I2}	$P_{I2} - P_U$
f_{f3}	$f_0 - 2f_{f3}$	$f_0 - f_{f2}$	$-f_{f2}$	$- (f_{f2} - 2f_{f3})$	P_{I3}	$P_{I3} - P_{U1}$
f_{f4}	$f_0 - 2f_{f4}$	$f_0 - f_{f2}$	$-f_{f2}$	$- (f_{f2} - 2f_{f4})$	P_{I4}	$P_{I4} - P_{U1}$

15 La tabla actualizada permite que la unidad de monitorización 40 conozca de antemano el mejor IF para usar en recepción si se presentan condiciones de perturbación de tal manera que es necesario abandonar la corriente IF $f_{f} = f_{f2}$, es decir, en el caso en que la unidad de monitorización 40 encuentre $P_{I2} - P_U > 40\text{dB}$.

20 Convenientemente, la arquitectura de recepción IF de acuerdo con la presente invención permite la monitorización y, por lo tanto, también usando $f_{f} = 0$ en recepción, es decir, permite que el receptor IF 30 funcione también como un receptor de conversión directa. Como es sabido, en el caso de la recepción de conversión directa (es decir, con $f_{f} = 0$), no existe el problema de recepción espuria en la frecuencia de imagen. Sin embargo, debido al rechazo finito del desmodulador 31 de vector IF con respecto a las señales AM moduladas, debido al valor no muy alto (máximo + 60dBm) del punto de intercepción (IP2 de segundo orden), la perturbación residual de todos los AM Las señales presentes en la entrada del desmodulador de vector IF 31 se acumulan precisamente alrededor de la frecuencia cero, introduciendo de este modo la degradación de la calidad de la señal recibida. No obstante, en el caso de que la unidad 25 40 de monitorización, en uso, encuentra que la mejor IF a utilizar en recepción es en realidad $f_{f} = 0$, puede convenientemente hacer que el receptor 30 comience a funcionar en modo de conversión directa.

30 Finalmente, se desea llamar la atención sobre el escenario de recepción IF mostrado en la figura 2 y descrito anteriormente en detalle. En este escenario, la unidad de monitorización 40 encontraría que la diferencia D entre la potencia de la señal interferente I_1 a -100 kHz y la potencia de la señal útil S en + 100 kHz es mayor que 40dB y por lo tanto dicha unidad de monitorización 40 decidiría cambiar el IF utilizado en la recepción seleccionando un nuevo valor IF asociado a una diferencia de potencia D más pequeña, por ejemplo, podría seleccionar IF valor $f_{f} = -100\text{kHz}$, como se muestra en la Figura 4, o IF valor $f_{f} = + 150\text{kHz}$, como se muestra en la Figura 5.

35 Las ventajas de la presente invención se pueden apreciar inmediatamente a partir de la descripción anterior.

En particular, es importante subrayar que la arquitectura de recepción IF de acuerdo con la presente invención es extremadamente flexible porque combina las ventajas de una arquitectura de recepción de bajo IF con la capacidad de reaccionar ante la presencia de señales interferentes proximales y remotas y para implementar una pluralidad de formas de onda con diferentes bandas de frecuencia (30MHz-1GHz). De este modo, el receptor de acuerdo con la presente invención puede explotarse para proporcionar dispositivos móviles de radio, tanto portátiles como 40 vehiculares, con un rendimiento muy alto en términos de cobertura de bandas, modos de recepción y formas de onda utilizados.

Además, el receptor IF de acuerdo con la presente invención puede ser explotado para muchas aplicaciones, tales como aplicaciones procesionales, militares y aviónicas, etc., pudiéndose utilizar en combinación con diferentes comunicaciones, tales como TETRA, GSM-R Y tecnologías SDR. Alternativamente, el receptor IF de acuerdo con la presente invención también se puede usar para producir un receptor de medios digitales (DMR).

- 5 En particular, el receptor IF de acuerdo con la presente invención combina las ventajas de los sistemas superheterodinos con los de los sistemas de conversión directa. De hecho, como en los sistemas superheterodinos, el receptor IF de acuerdo con la presente invención es capaz de filtrar señales interferentes proximales actuando como un filtro RC antes de la conversión A/D, de manera similar al filtro de cuarzo tradicional. Además, como en los sistemas de conversión directa, el receptor IF de acuerdo con la presente invención utiliza sólo el mezclador analógico IQ para
 10 la conversión de frecuencia y, en consecuencia, un solo oscilador local. Por todas estas razones, el receptor IF de acuerdo con la presente invención tiene una alta resistencia a las señales de interferencia y,

Por lo tanto, alta eficiencia, alta fiabilidad, simplicidad y bajos costes de fabricación, bajo consumo, flexibilidad de ancho de banda de señal, facilidad de uso para los usuarios finales y es adecuado para cubrir amplias gamas de frecuencias de funcionamiento.

- 15 Además, la arquitectura de recepción IF de acuerdo con la presente invención permite también el uso de otros modos posibles de recepción, por ejemplo, permite realizar conversión directa (es decir, $f_F = 0$) o usar FIs de alto valor (por ejemplo, $FIF = 70\text{MHz}$ o $f_F = 90\text{MHz}$) en casos en los que es de interés favorecer ciertos parámetros de recepción.

Finalmente, se desea subrayar que la arquitectura de recepción IF de acuerdo con la presente invención permite
 20 buscar el mejor IF para usar en recepción realizando monitorización adaptativa en tiempo real del nivel de espectro de toda la señal recibida, sin interrumpir jamás el servicio de recepción normal. En particular, la monitorización adaptativa en tiempo real del nivel de espectro de toda la señal recibida sin interrupción del servicio de recepción se logra mediante la presente invención gracias al uso de una rama de monitorización específica que comprende el mezclador digital auxiliar 38, el tercer oscilador local OL3) 39 y la unidad de monitorización 40. Esta característica distintiva de la presente invención no puede encontrarse en receptores IF actualmente conocidos y, en particular, no
 25 puede encontrarse en los receptores IF y métodos de recepción IF descritos en el documento US 8 160 529 B1, US 2007/0207736 A1, US 2009/0310721 A1 y US 2005/0143040 A1. De hecho, como se ha explicado anteriormente, estos documentos de la técnica anterior contemplan que la búsqueda del mejor IF a utilizar en recepción se lleva a cabo bloqueando el servicio de recepción normal. De este modo, la característica distintiva anteriormente mencionada de la presente invención (a saber, la monitorización adaptativa en tiempo real del nivel del espectro de toda la señal
 30 recibida sin interrupción del servicio de recepción gracias al uso de la rama específica de supervisión antes mencionada), a diferencia de los receptores IF Y los métodos de recepción IF descritos en los documentos US 8,160,529 B1, US 2007/0207736 A1, US 2009/0310721 A1 y US 2005/0143040 A1, permiten garantizar la continuidad del servicio incluso cuando la tendencia espectral de la señal recibida es variable y, por consiguiente, también utilizando el receptor IF de acuerdo con la presente invención para aplicaciones móviles que prevén altas velocidades
 35 de movimiento para los receptores empleados.

Una diferencia adicional entre la presente invención y la patente US 8,160,529 B1 reside en el hecho de que el número de IF controlados por el receptor IF de acuerdo con la presente invención no está limitado a factores discretos múltiples de N (como es el caso de US 8, 160, 529 B1). De hecho, de acuerdo con la presente invención, las IFs monitorizadas
 40 pueden tener también resolución continua, con una consecuente mayor probabilidad de encontrar una IF más favorable.

Finalmente, está claro que se pueden aplicar diversas modificaciones a la presente invención sin apartarse del alcance de la invención definida en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un receptor (30) configurado para recibir una señal de radiofrecuencia y que comprende:
- un desmodulador (31) vectorial configurado para desmodular la señal de radiofrecuencia recibida en una frecuencia de recepción intermedia que emite un componente analógico en fase correspondiente y un componente de cuadratura analógica correspondiente que tiene dicha frecuencia de recepción intermedia;
 - un primer oscilador local (32) acoplado con el desmodulador (31) vectorial y configurado para proporcionar dicho desmodulador (31) vectorial con una primera frecuencia de funcionamiento relacionada con la frecuencia de recepción intermedia;
 - medios (33) de filtración configurados para filtrar los componentes analógicos en fase y en cuadratura;
 - medios (34) de conversión de analógico a digital configurados para convertir los componentes analógicos y en fase y en cuadratura filtrados en componentes digitales en fase y en cuadratura correspondientes;
 - un desmodulador (35) de banda base digital acoplado con los medios (34) de conversión de analógico a digital para recibir los componentes digitales en fase y en cuadratura y configurados para realizar desmodulación en banda base de los componentes digitales en fase y en cuadratura que emiten una señal digital correspondiente de banda base;
 - un segundo oscilador (36) local acoplado con el desmodulador (35) de banda base digital y configurado para proveer dicho desmodulador (35) de banda base digital con una segunda frecuencia de funcionamiento relacionada con la frecuencia de recepción intermedia;
 - medios (37) digitales de procesamiento configurados para procesar la señal de banda base digital; y
 - una rama de monitorización configurada para
 - llevar a cabo, sobre la base de los componentes digitales en fase y en cuadratura, un control de la interferencia experimentada en una pluralidad de frecuencias intermedias utilizables en recepción, y
 - seleccionar la frecuencia de recepción intermedia de las frecuencias intermedias utilizables en recepción sobre la base de la monitorización de interferencias realizada;
- en el que la rama de monitorización comprende:
- un mezclador (38) digital acoplado con los medios (34) de conversión de analógico a digital para recibir los componentes digitales en fase y en cuadratura y configurados para realizar cambios de frecuencia en tiempo real de la fase digital en fase y componentes de cuadratura que emiten, para cada cambio de frecuencia en tiempo real realizado, una señal digital desplazada correspondiente; en el que cada desplazamiento de frecuencia en tiempo real realizado por el mezclador (38) digital está asociado con una frecuencia intermedia correspondiente utilizable en recepción; y
 - una unidad (40) de control, que está
 - acoplada con
 - el mezclador (38) digital para recibir las señales digitales desplazadas,
 - el primer oscilador (32) local para ajustar la primera frecuencia de funcionamiento proporcionada por dicho primer oscilador (32) local al desmodulador (31) vectorial, y
 - el segundo oscilador (36) local para ajustar la segunda frecuencia de funcionamiento proporcionada por dicho segundo oscilador (36) local al desmodulador (35) de banda base digital, y
 - configurada para
 - realizar, a partir de las señales digitales desplazadas emitidas por el mezclador (38) digital, una monitorización en tiempo real de la interferencia experimentada en la frecuencia de recepción intermedia actualmente utilizada y también en las otras frecuencias intermedias utilizables en recepción,
 - cambiar, en tiempo real, la frecuencia intermedia de recepción utilizada sobre la base de la monitorización de la interferencia en tiempo real cambiando en tiempo real la primera frecuencia de funcionamiento proporcionada por el primer oscilador local (32) al desmodulador vectorial (31) y la segunda frecuencia de funcionamiento proporcionada por el segundo oscilador (36) local al desmodulador (35) de banda base digital;

caracterizado porque:

- 5 • la ramificación de monitorización comprende además un tercer oscilador (39) local acoplado con el mezclador (38) digital y configurado para proveer dicho mezclador (38) digital con terceras frecuencias de funcionamiento, estando cada tercera frecuencia de funcionamiento relacionada con una frecuencia intermedia correspondiente utilizable en recepción; y
 - la unidad (40) de monitorización está acoplada con el tercer oscilador (39) local y está configurada además para variar dinámicamente las terceras frecuencias operativas proporcionadas por dicho tercer oscilador (39) local al mezclador (38) digital para permitir la monitorización en tiempo real de la interferencia experimentada en todas las frecuencias intermedias utilizables en recepción por el receptor (30).
- 10 2. El receptor de la reivindicación 1, en el que la unidad (40) de monitorización está configurada para:
- realizar la monitorización de interferencias en tiempo real mediante el cálculo, en tiempo real y sobre la base de las señales digitales desplazadas emitidas por el mezclador (38) digital,
 - una potencia útil y una potencia interferente en la frecuencia de recepción intermedia utilizadas actualmente y,
 - para cada una de las otras frecuencias intermedias utilizables en recepción, una potencia respectiva interferente a dicha frecuencia intermedia utilizable en recepción; y
 - 15 • cambiar, en tiempo real, la frecuencia de recepción intermedia utilizada, sobre la base de las potencias calculadas.
3. El receptor de la reivindicación 2, en el que la unidad (40) de monitorización está además configurada para calcular en tiempo real:
- 20 • un primer indicador de la interferencia experimentada a la frecuencia de recepción intermedia actualmente utilizada sobre la base de potencia útil calculada y de la potencia interferente calculada a la frecuencia de recepción intermedia utilizada actualmente; y,
 - para cada una de las otras frecuencias intermedias utilizables en recepción, un segundo indicador respectivo de la interferencia experimentada a dicha frecuencia intermedia utilizable en recepción sobre la base de la potencia útil calculada y de la potencia interferente calculada respectiva a dicha frecuencia intermedia utilizable en recepción;
- 25 y en el que la unidad (40) de monitorización está configurada para cambiar, en tiempo real, la frecuencia de recepción intermedia utilizada en base a los indicadores primero y segundo calculados.
4. El receptor de la reivindicación 3, en el que la unidad (40) de monitorización está además configurada para:
- comprobar, en tiempo real, si el primer indicador computado excede un umbral de interferencia predeterminado; y,
 - si el primer indicador computado excede el umbral de interferencia predeterminado,
 - 30 - seleccionar, en tiempo real, una nueva frecuencia de recepción intermedia de las otras frecuencias intermedias utilizables en recepción sobre la base de los respectivos segundos indicadores calculados,
 - cambiar, en tiempo real, la primera frecuencia de funcionamiento proporcionada por el primer oscilador local (32) al desmodulador (31) vectorial mediante el establecimiento de una nueva primera frecuencia de funcionamiento relacionada con la nueva frecuencia de recepción intermedia seleccionada, y
 - 35 - cambiar, en tiempo real, la segunda frecuencia de funcionamiento proporcionada por el segundo oscilador (36) local al desmodulador (35) de banda base digital mediante el establecimiento de una nueva segunda frecuencia de funcionamiento relacionada con la nueva frecuencia intermedia de recepción seleccionada.
5. El receptor de la reivindicación 4, en el que la unidad (40) de monitorización está configurada para, si el primer indicador computado excede el umbral de interferencia predeterminado, seleccionar, como nueva frecuencia de recepción intermedia, la frecuencia intermedia utilizable en recepción para la cual el segundo indicador respectivo es el más bajo de los segundos indicadores calculados.
- 40 6. El receptor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:
- los medios (33) de filtración están acoplados con el desmodulador (31) vectorial para recibir los componentes analógicos en fase y en cuadratura;

- los medios (34) de conversión análogo a digital están acoplados con los medios (33) de filtrado para recibir los componentes analógicos filtrados en fase y en cuadratura; y

- los medios (37) digitales de procesamiento están acoplados con el desmodulador (35) de banda base digital para recibir la señal de banda base digital.

5 7. El receptor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que los medios (33) de filtración comprenden:

- un primer filtro configurado para filtrar el componente analógico en fase emitido por el desmodulador (31) vectorial; y

- un segundo filtro configurado para filtrar el componente de cuadratura analógico emitido por el desmodulador (31) vectorial;

10 y en el que los medios (34) de conversión de analógico a digital comprenden:

- un primer convertidor analógico a digital acoplado con el primer filtro y configurado para convertir el componente analógico en fase filtrado por el primer filtro en un componente en fase digital correspondiente; y

- un segundo convertidor analógico a digital acoplado con el segundo filtro y configurado para convertir el componente de cuadratura analógico filtrado por el segundo filtro en un componente de cuadratura digital correspondiente.

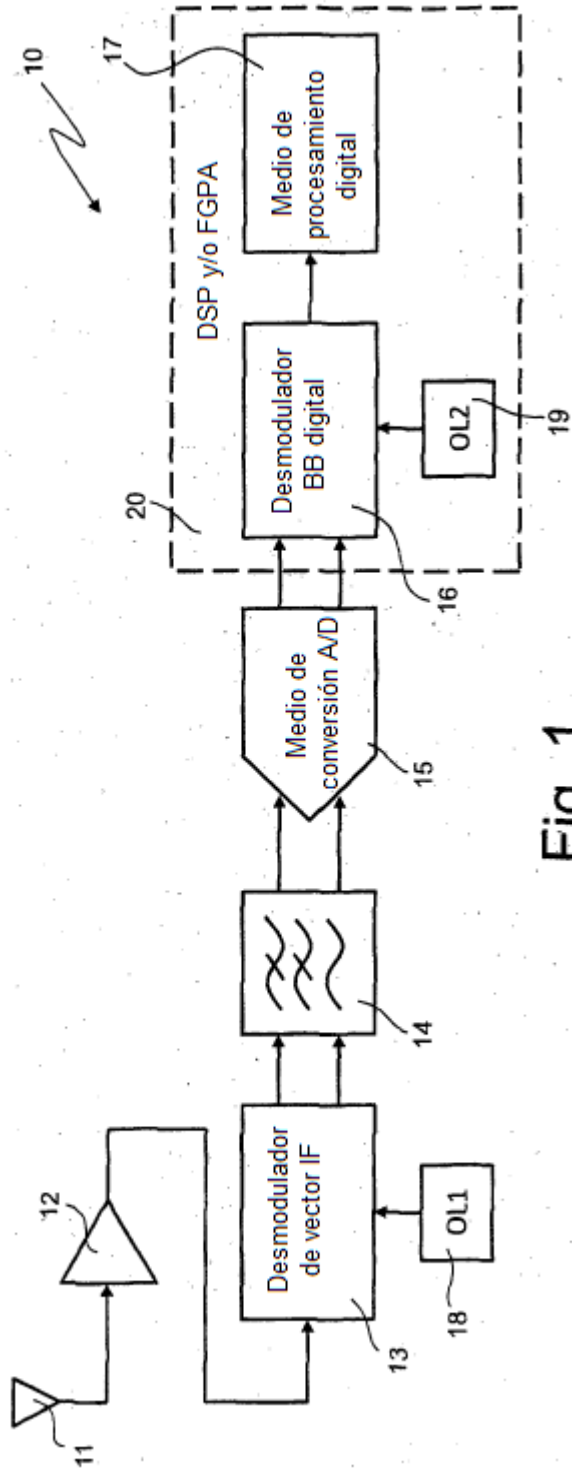


Fig. 1

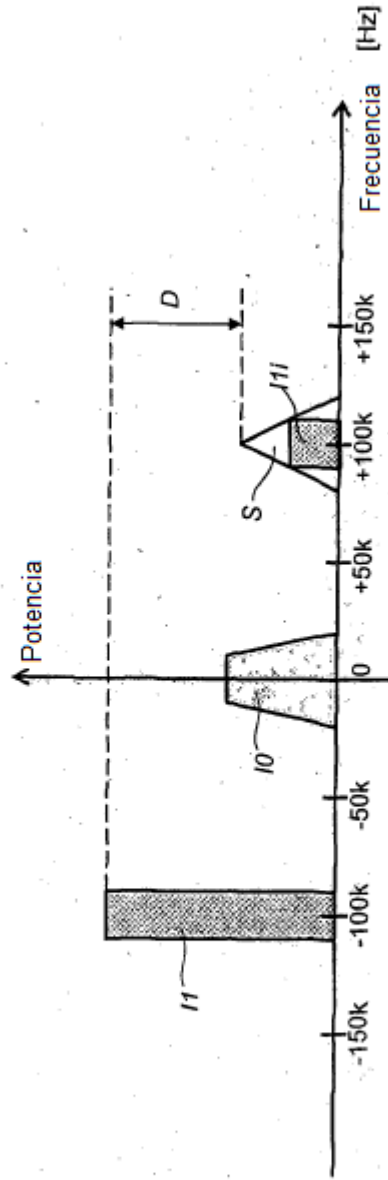


Fig. 2

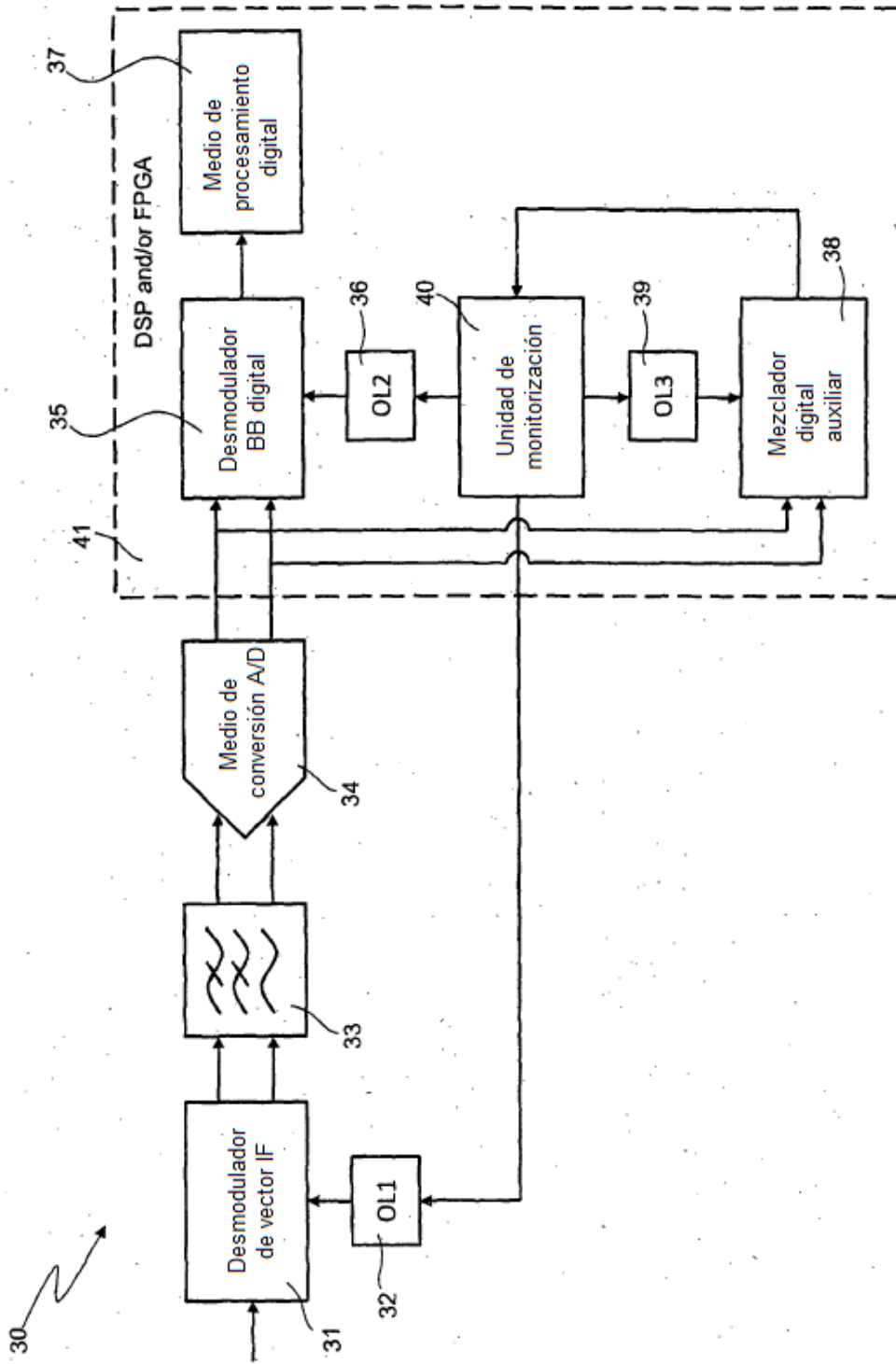


Fig. 3

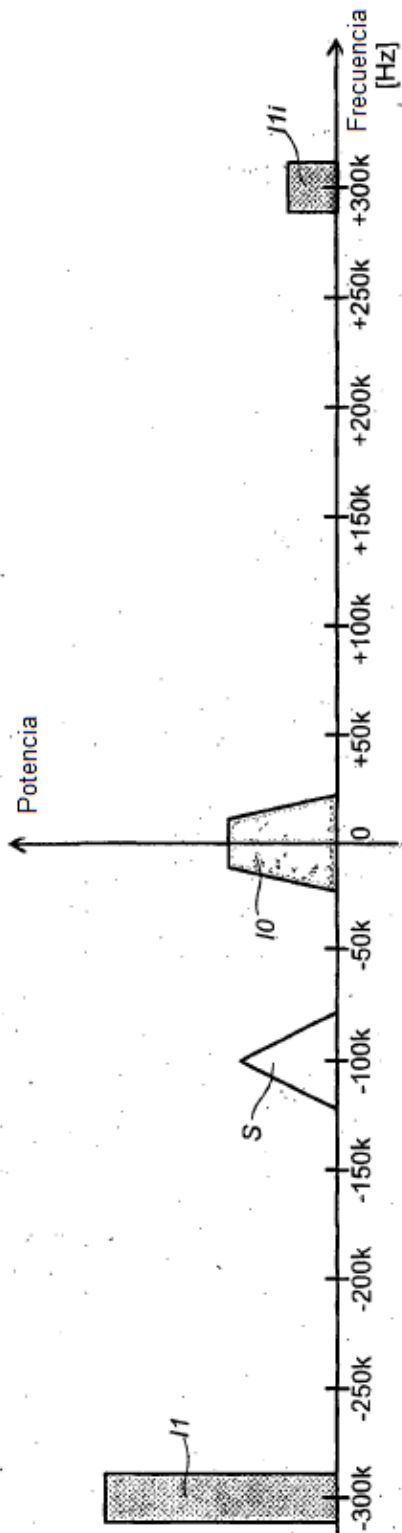


Fig. 4

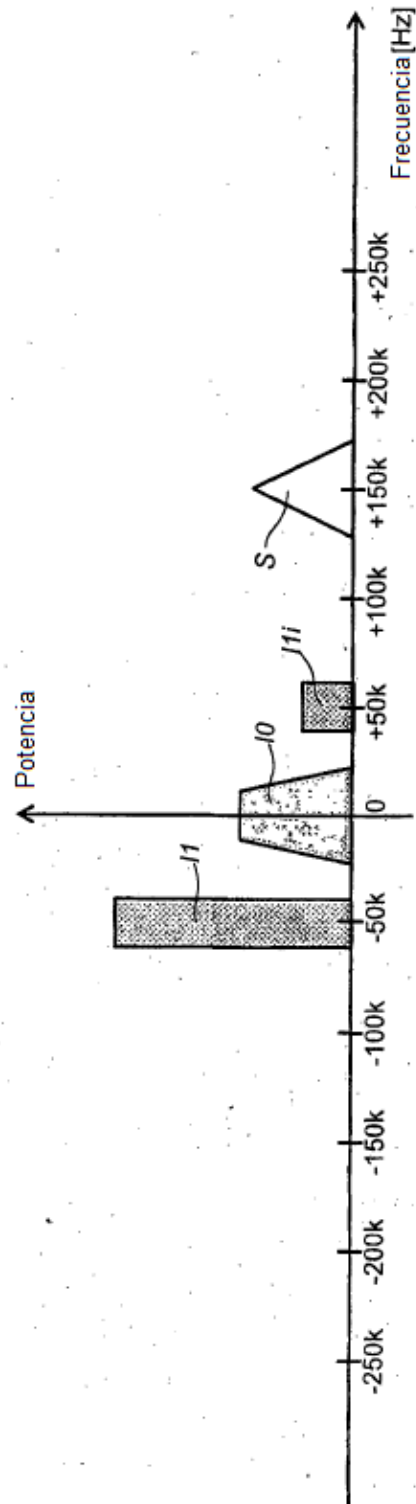


Fig. 5