



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 299 647**

51 Int. Cl.:
H04B 1/16 (2006.01)
H04B 1/707 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03015876 .0**
86 Fecha de presentación : **11.07.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1383247**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **21.01.2004**

54 Título: **Método y aparato para activar de forma segura una unidad de comunicación por radio a partir de un modo de espera.**

30 Prioridad: **11.07.2002 US 192559**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2008

73 Titular/es:
ITT MANUFACTURING ENTERPRISES, Inc.
1105 North Market Street, Suite 1217
Wilmington, Delaware 19801, US

72 Inventor/es: **Lu, Ning, H. y**
Mayor, Michael A.

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 299 647 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 y aparato para activar de forma segura una unidad de comunicación por radio a partir de un modo de espera.

5

Antecedentes de la invención**1. Campo técnico**

10 La presente invención concierne a sistemas de comunicaciones. En particular, la presente invención concierne a la iniciación segura de las comunicaciones, dentro de los sistemas de comunicaciones por radio. La presente invención puede ser aplicada a sistemas de comunicaciones por radio que incluyen unidades individuales de comunicaciones, con un sintonizador capaz de sintonizar con un amplio conjunto de frecuencias. En ejemplos de modos de realiza-
15 ción, la presente invención se aplica a Sistemas de Amplio Espectro (por ejemplo, de Secuencia Directa, de Salto de Frecuencias e Híbridos) con unidades individuales de comunicaciones que incluyen un receptor capaz de sintonizar con diferentes frecuencias, y con los sistemas que emplean formas de onda en forma de señales codificadas de amplio espectro, donde las señales están expandidas en anchura de banda, a través de un código de dispersión.

2. Estudio de la técnica relacionada

20

El funcionamiento de sistemas de comunicaciones por radio o inalámbricas incluyen, típicamente una sincronización inicial entre las unidades de transmisión y de recepción. Una señal puede ser transmitida constantemente al ambiente para sincronizar unidades receptoras que se habilitan en momentos aleatorios. Esta técnica es empleada por los sistemas de comunicaciones celulares estándar, donde una estación base fija transmite constantemente una señal de sincronismo. En sistemas de alta movilidad sin estaciones base, el sincronismo se consigue típicamente de otras
25 maneras por las unidades individuales. Además, los sistemas críticos (por ejemplo, sistemas militares o de gestión de emergencia) requieren un alto grado de fiabilidad y resistencia a las señales espurias intencionadas y/o no intencionadas.

30 Una manera de mejorar la seguridad y fiabilidad dentro de los sistemas de comunicaciones por radio, incluye el empleo de señales codificadas, tales como señales de amplio espectro. Sin embargo, el tratamiento requerido por las unidades de comunicaciones individuales para emplear señales codificadas, aumenta significativamente el consumo de potencia de esas unidades. A modo de ejemplo, se describen los sistemas de comunicaciones de amplio espectro para ilustrar el proceso significativo realizado por las unidades de comunicaciones individuales para emplear señales
35 codificadas (por ejemplo, de amplio espectro). En particular, el funcionamiento de la unidad de comunicaciones de Amplio Espectro en Secuencia Directa (DSSS), incluye la dispersión de una señal de banda base (por ejemplo, la expansión de anchura de banda) utilizando códigos de pseudo-ruido (PN). La tasa de frecuencias de los códigos excede considerablemente de la señal de banda base, donde cada transición o símbolo del código se denomina comúnmente "chip" (segmento). Los códigos o chips se modulan básicamente sobre la señal de banda base que contiene los datos,
40 y la señal resultante se mezcla con una señal portadora de RF y se transmite para la recepción por unidades apropiada de radio o de comunicaciones.

La patente de Estados Unidos US-A-6.345.066 divulga un sistema de radio que emplea el salto de frecuencias (FH), donde el retardo del tiempo de acceso se reduce sin comprometer la ganancia del proceso, mediante la adición
45 al sistema de la dispersión de secuencia directa (DS). Esto da como resultado un sistema FWDS híbrido, donde el uso de la dispersión DS permite una reducción en el número de frecuencias de salto utilizadas durante el arranque. Una unidad en modo de espera despierta después de cada intervalo de tiempo y escucha en un solo canal un mensaje de búsqueda en formato DS. Durante cada vez que despierta, se selecciona otra frecuencia de salto a partir de un reducido conjunto. La transición desde un modo de espera a un modo de transmisión se desvela al recibir el mensaje de búsqueda recibido en una sola frecuencia de salto.
50

El documento "Método para conservar energía mediante la rotación cíclica de componentes fijos en un sistema de comunicaciones por radio", de J.K. Jacobs y otros colaboradores, Motorola Technical Developments, Enero de 1999, divulga un sistema que utiliza una Frecuencia Despertadora para los mensajes de petición de despertador del abonado. El sistema puede designar una Frecuencia Despertadora para todo el sistema o elegir utilizar varias frecuencias
55 diferentes para este fin.

La correlación cruzada de una señal entrante con una réplica de código adecuado de un filtro digital adaptado (DMF) dentro de la unidad de comunicación receptora, produce un pico de energía en la coincidencia exacta, rechazando o filtrando así otros códigos de pseudo-ruido y de ruido de fondo e interferencia. La relación de potencia entre la señal entrante y la señal de salida del filtro digital adaptado es denominada comúnmente como ganancia del proceso (PG) y se define por la longitud del filtro (por ejemplo, la cantidad de etapas filtradoras) o la cantidad de chips por
60 señal de banda base. La ganancia en potencia puede ser expresada en términos de decibelios (dB) como:

$$65 \quad PG_{dB} = 10 * \log_{10}(\text{cantidad de chips/1 símbolo}) \text{ o}$$

$$PG_{dB} = 10 * \log_{10}(\text{Velocidad de chips o código/velocidad de símbolos})$$

ES 2 299 647 T3

Por ejemplo, cuando cada símbolo de datos dentro de la señal de banda base está dispersa en ciento veintiocho chips, la ganancia del proceso es:

$$PG_{dB} = 10 * \log_{10}(128/1) = 21 \text{ dB.}$$

Además, las ecuaciones anteriores indican una tasa de chips o de código de 32 MHz cuando la ganancia de potencia es 21 dB y la tasa de símbolos es 250 kilo-símbolos por segundo (ksps) con cada símbolo disperso en ciento veintiocho chips.

Los códigos ortogonales o cuasi ortogonales de pseudo-ruido pueden ser seleccionados para tener una correlación exacta con una salida de potencia de pico del filtro digital adaptado cuando el código de la señal entrante y los códigos de la réplica coinciden, y para producir una salida del filtro igual a cero cuando estos códigos no coinciden (por ejemplo, aún cuando los códigos estén descentrados o desplazados en una posición). En las figuras 1-2, se ilustra, solamente a modo de ejemplo, el funcionamiento del filtro digital adaptado. Específicamente, se efectúa la correlación de una señal entrante que incluya chips o códigos modulados bifásicamente con un código de la réplica almacenada durante un intervalo de tiempo dado. Cada segmento dentro de la señal entrante se multiplica por el correspondiente chip en el código de la réplica, donde los productos individuales se suman para producir un resultado de la correlación. El funcionamiento del filtro puede ser expresado como:

$$\sum_{k=1}^N c_k r_k$$

donde c_k representa la secuencia de chips entrantes, r_k es el código de la réplica almacenada y N representa la cantidad de chips en el código.

Haciendo referencia a la figura 2, se emplea el filtro, solamente a modo de ejemplo, con respecto a códigos cortos de Barker. Específicamente, una señal entrante con un código de 1, 1, 1, -1, coincide exactamente al código de la réplica almacenada. El valor de la correlación de cuatro (por ejemplo la suma de los productos de los correspondientes chips, o $(1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (-1 \times -1) = 4$) indica una salida de potencia de pico del filtro. Sin embargo, cuando una señal entrante con un código de 1, 1, -1, 1 no coincide con un código de la réplica almacenada de 1, 1, 1, -1, el filtro proporciona un valor de correlación de cero (por ejemplo, la suma de los productos de los correspondientes chips, o $(1 \times 1) + (1 \times 1) + (-1 \times 1) + (1 \times -1) = 0$) que indica la ausencia de coincidencia.

La Relación de Señal a Ruido (SNR) se define comúnmente como la relación de la potencia media de la señal a la potencia media de ruido, y se mide preferiblemente en decibelios. La potencia media de la señal se determina en la anchura de banda de la señal, donde la anchura de banda de una señal de amplio espectro es mayor que la de una señal de banda estrecha o de banda base. Por ejemplo, una señal de banda base con 25 kHz de anchura de banda y expandida con una relación de cien, produce una señal dispersa con $25 \text{ kHz} * 100 = 2,5 \text{ MHz}$. La señal de banda base incluye, para una potencia transmitida de un vatio, una potencia de señal de $1/25 \text{ kHz} = 0,040 \text{ vatios/hz}$ o 40 milivatios/Hz, mientras que la señal dispersa incluye $1/2,5 \text{ MHz} = 400 \text{ nanovatios/Hz}$. Así, la densidad espectral de la señal de banda estrecha o de banda base contiene más potencia en una banda estrecha, mientras que la señal dispersa contiene la misma potencia para una anchura de banda suficientemente mayor con una potencia de pico inferior. Esto permite a la señal dispersa residir dentro o camuflarse en el ruido ambiental.

Los códigos de pseudo-ruido proporcionan una manera en la que una unidad receptora identifique básicamente y diferencie entre los mensajes dirigidos a esa unidad y a otras unidades, y asegura además que otras transmisiones dentro del ambiente circundante no son erróneamente consideradas como mensajes dirigidos a la unidad receptora. Más aún, los códigos de pseudos-ruido permiten unas comunicaciones seguras y fiables en presencia de interferencias de fondo y/o de usuarios múltiples, mientras que la expansión de la anchura de banda de la señal de banda base distribuye la potencia de la señal en una anchura de banda mayor, reduciendo así la densidad espectral de potencia de esa señal con amplitud máxima, y reduciendo la visibilidad de la señal en el ambiente.

La seguridad proporcionada por los códigos de pseudo-ruido está basada en el requisito de que los receptores tienen conocimiento del código específico que se transmite, con el fin de adquirir y desmodular la señal. Consecuentemente, se utilizan largos o extensos códigos de pseudo-ruido en algunos sistemas comerciales, donde las sub-secciones del código son utilizadas para símbolos dispersos con dispersión de símbolos subsiguientes por las diferentes sub-secciones. Esto es típicamente empleado por los sistemas militares que tienen como requisito clave la seguridad.

Consecuentemente, las unidades receptoras de amplio espectro efectúan un proceso significativo para descodificar una señal transmitida, aumentando así sustancialmente el consumo de potencia de la unidad. Además, los circuitos electrónicos de las unidades receptoras incluyen filtros digitales adaptados (DMF) que hacen coincidir los códigos transmitidos con las réplicas de código almacenadas, como se ha descrito anteriormente. Así, las unidades receptoras deben muestrear el ambiente y efectuar el filtrado con la alta tasa de chips o de código. Por ejemplo, una señal en banda base, b , que está expandida en N chips, requiere un filtro digital adaptado de una unidad receptora para realizar

ES 2 299 647 T3

5 numerosas operaciones, N_{ops} (por ejemplo, incluyendo N multiplicaciones y $N-1$ sumas subsiguientes), para comparar o hacer coincidir la réplica de código almacenada con la señal recibida, como se ha descrito anteriormente. Como el filtro digital adaptado funciona con la tasa de muestreo que, para satisfacer el principio de Nyquist, debe ser al menos el doble de la tasa de chips (es decir, dos muestras por chip), se efectúan típicamente la siguiente cantidad de

$$N_{ops} = 2*N \text{ (multiplicaciones)} + 2*[N-1] \text{ (sumas)}$$

10 Estas operaciones continúan hasta que se agotan los símbolos de adquisición (por ejemplo, símbolos dentro de los códigos transmitidos). Por ejemplo, la cantidad total de operaciones, T_{ops} , para S símbolos de adquisición, puede ser expresada como:

$$T_{ops} = S*N_{ops}$$

15 El filtro continúa funcionando a esta velocidad incluso en intervalos de silencio o bajas velocidades de transmisión, con el fin de detectar una transmisión dirigida a la unidad receptora. Esto tiene lugar especialmente en sistemas que emplean el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), donde cada unidad de comunicaciones o usuario tiene asignado un código diferente para la comunicación.

20 Con respecto a los sistemas de Amplio Espectro con Salto de Frecuencia, la señal en banda base es desplazada en frecuencia basándose en un código de pseudo-ruido para dispersar la señal en una anchura de banda más amplia. La secuencia en la cual se transmiten las frecuencias se obtiene a partir del código, mientras que la velocidad de desplazamiento o de salto es una función de los datos o de la tasa de información. Con el fin de adquirir la señal, se requiere que una unidad receptora desplace o salte de frecuencia con una tasa compatible, de acuerdo con el código de

25 dispersión. Esto aumenta de forma similar el consumo de potencia de la unidad receptora. Los sistemas Híbridos de Amplio Espectro emplean, típicamente, una combinación de técnicas de secuencia directa y de salto de frecuencias y por eso experimentan un problema compuesto.

30 Como el funcionamiento de una unidad receptora para adquirir una señal transmitida codificada aumenta significativamente el consumo de potencia de la unidad, las técnicas de comunicación segura descritas anteriormente no son económicas ni factibles en los dispositivos pequeños que funcionan con baterías, especialmente cuando hay largos intervalos de espera o de silencio.

35 **Objetos y sumario de la invención**

Consecuentemente, es un objeto de la presente invención emplear un circuito pasivo dentro de una unidad de radio de un sistema de comunicaciones que recibe una señal codificada despertadora o una señal de sincronismo, para establecer el sincronismo e iniciar las comunicaciones con mínima potencia y fiabilidad y seguridad mejoradas. El

40 circuito pasivo asegura además razonablemente que la señal de sincronismo solamente está destinada a la unidad radio receptora.

Es otro objeto de la presente invención generar y transmitir una señal despertadora que es difícil de duplicar por un tercero que sea hostil o malicioso, limitando así la falsa habilitación de la unidad de radio y el consumo innecesario

45 de potencia.

Los objetos antes mencionados pueden conseguirse individualmente y/o en combinación, y no se pretende que la presente invención se interprete como que requiere dos o más de los objetos a combinar, a menos que se requiera expresamente por las reivindicaciones unidas a ella.

50 De acuerdo con la presente invención, como se describe en las reivindicaciones 1 y 9, en particular, una unidad de comunicaciones de un sistema de comunicaciones para transmitir y recibir señales de información dentro de dicho sistema que comprende: una sección de transmisión para transmitir una señal de información en forma de señales de radio al menos a otra unidad de comunicaciones dentro de dicho sistema; una sección receptora para recibir dicha

55 señal de información en forma de señales de radio desde al menos otra unidad de comunicaciones dentro de dicho sistema; y un procesador, para controlar el funcionamiento de la unidad de transmisión para que transmita dicha señal de información y reciba señales entrantes para determinar la presencia y procese dicha señal de información; donde dicho procesador controla los modos de funcionamiento de dicha unidad, incluyendo al menos un modo de recepción, un modo de transmisión y un modo de espera; donde dicha sección de recepción incluye un circuito de sincronismo para detectar, durante dicho modo de espera, una señal de sincronismo preconfigurada, recibida desde

60 dicha otra unidad, incluyendo una secuencia de al menos dos señales individuales de frecuencia, cada una de ellas con una correspondiente frecuencia particular y para desencadenar el inicio de dicho procesador para que conmute dicha unidad desde dicho modo de espera a dicho modo de recepción, para recibir y procesar una señal de información entrante desde esa otra unidad, como respuesta a la detección de cada señal de frecuencia individual en dicha secuencia;

65 dicha sección de recepción está configurada para recibir y procesar dicha señal de información en forma de un primer esquema, y dicho circuito de sincronismo está configurado para recibir y procesar dicha señal de sincronismo en forma de un segundo esquema diferente.

En un modo de realización preferido, dicha unidad de comunicación por radio emplea dispositivos pasivos y un filtro en bucle para recibir con fiabilidad y seguridad mejoradas una señal despertadora o de sincronismo codificada y modulada en frecuencia (FM; por ejemplo, señales digitales moduladas en frecuencia para la transmisión) que habilita a la unidad radio-receptora e inicia las comunicaciones (por ejemplo, la señal de sincronismo puede disparar circuitos digitales de amplio espectro para buscar códigos de pseudo-ruido y/o facilitar el salto de frecuencias, de acuerdo con esos códigos, para adquirir señales transmitidas). La señal de sincronismo codificada puede ser transmitida y recibida fiablemente, en condiciones que producen una relación de señal a ruido baja.

El filtro en bucle hace simultáneamente un seguimiento de la fase y la frecuencia y proporciona un alisamiento para permitir el sincronismo con señales débiles (por ejemplo, señales que no permiten enclavarse, típicamente, a un bucle estándar enclavado en fase (PLL)). En particular, cuando la unidad de comunicaciones está en modo de espera, los circuitos pasivos de la presente invención están recibiendo energía desde una antena de la unidad y funcionan inicialmente como un bucle enclavado en fase (PLL) para enclavarse en una señal entrante. Un bucle enclavado en fase controla básicamente la fase de una señal de salida de un oscilador de frecuencia modulada, para que haga un seguimiento de la fase de la señal de entrada, y se emplea típicamente como un eficaz desmodulador de FM. El filtro en bucle de la presente invención alisa la señal entrante y hace un seguimiento de la fase y la frecuencia de dicha señal, con respecto a una señal generada por un oscilador controlado numéricamente (NCO) con el fin de facilitar la detección de la señal de sincronismo. La señal despertadora o de sincronismo incluye una serie de tonos a frecuencias diferentes, donde la secuencia específica está preconfigurada entre las unidades de transmisión y de recepción. Cada tono se transmite además con una fase predeterminada o preconfigurada. Los tonos siguen una secuencia precisa preestablecida y no incluyen requisitos específicos de tiempo (es decir, no hay un intervalo de tiempo específico para cada tono). Cuando se ha detectado cada uno de los tonos de la secuencia por la unidad receptora, la unidad queda habilitada para las comunicaciones.

Por ejemplo, se pueden transmitir N tonos, incluyendo cada uno de ellos una o dos fases. Como no hay básicamente limitaciones en la gama de frecuencias, la cantidad de secuencias o combinaciones de tono es abundante. Con una unidad de radio que funcione en una banda de 100-2500 MHz con canales estrechos de frecuencia de 1 kHz, la cantidad de canales disponibles es de $2,4 \times 10^6$, mientras que la cantidad de secuencias de dieciséis tonos (es decir, $N = 16$) se aproxima a 2×10^{92} .

El inicio de las comunicaciones entre unidades transmisoras y receptoras puede conseguirse de diversas maneras, de acuerdo con la presente invención. Por ejemplo, una unidad de recepción puede iniciar las comunicaciones como respuesta a un solo tono (es decir, con la consiguiente pérdida de fiabilidad), diversos tonos en serie y/o diversos tonos en paralelo. La transmisión de tonos puede ser conseguida con una alta Relación de Señal a Ruido (SNR) (por ejemplo, $SNR > 10$ dB) y con una baja a muy baja SNR (por ejemplo, $SNR < 10$ dB y $SNR < 0$ dB, respectivamente). Se puede utilizar un bucle enclavado en fase convencional como un desmodulador de FM en condiciones de SNR alta, mientras que el filtro en bucle descrito anteriormente se utiliza preferiblemente en condiciones de SNR baja y muy baja. El filtro en bucle, que hace un seguimiento simultáneo de la fase y de la velocidad de cambio de la fase (frecuencia), es directamente aplicable a plataformas móviles, que imprimen una velocidad Doppler y una velocidad Doppler de cambio a una señal transmitida. Una vez que el sistema está “despierto” (es decir, se han iniciado las comunicaciones), comienza el proceso normal del sistema (es decir, de amplio espectro) con la seguridad inherente proporcionada por ese sistema particular de comunicaciones. Así, una de las soluciones proporcionadas por la presente invención para superar los problemas de consumo de potencia antes mencionados, es emplear básicamente principios de radio digital dentro de un sistema del tipo de salto de frecuencias.

La presente invención proporciona varias ventajas. En particular, las señales de FM codificadas pueden ser transmitidas y fiablemente recibidas en condiciones que producen una relación de señal a ruido baja. Además, la presente invención escucha al ambiente con mínimo consumo de potencia, ya que la invención incluye una mayoría de dispositivos pasivos. Esto proporciona ahorros sustanciales para radios de mano o portátiles seguras, tal como los dispositivos del tipo de amplio espectro.

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes al considerar la siguiente descripción detallada de modos de realización específicos de la misma, particularmente cuando se consideren en conjunto con los dibujos que se acompañan, donde las referencias numéricas similares en las diversas figuras se utilizan para designar componentes similares.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una ilustración en forma de diagrama del funcionamiento de un filtro digital adaptado para radios o unidades de comunicaciones del tipo de amplio espectro.

La figura 2 es una ilustración en forma de diagrama de los resultados producidos por un filtro del tipo de la figura 1 para ejemplos de secuencias coincidentes y no coincidentes, donde los resultados de las secuencias coincidentes son equivalentes a la cantidad de elementos de la secuencia y los resultados para las secuencias no coincidentes son cero.

La figura 3A es un diagrama de bloques de un ejemplo de radio o unidad de comunicaciones que emplea la presente invención.

La figura 3B es un diagrama de bloques de una parte transmisora de la unidad de comunicaciones de la figura 3A, que incluye circuitos para generar y transmitir una señal de sincronismo (por ejemplo, una secuencia de tonos de FM), de acuerdo con la presente invención.

5 La figura 3C es un diagrama de bloques de un sistema de una parte receptora de una unidad de comunicaciones de la figura 3A, que incluye el circuito despertador de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques de un bucle enclavado en fase convencional.

10 La figura 5 es un diagrama funcional del filtro en bucle del circuito de despertador de la unidad de la figura 3C.

La figura 6 es una ilustración gráfica de una estructura en el dominio de tiempos de una forma de onda de frecuencias múltiples.

15 La figura 7 es una ilustración gráfica del funcionamiento de un circuito despertador de la figura 3C, que efectúa una adquisición y un seguimiento rápidos de una señal ruidosa de frecuencias múltiples.

La figura 8 es un diagrama de flujo procesal que ilustra la manera en la cual una unidad receptora de comunicaciones detecta la señal de sincronismo para permitir habilitar las comunicaciones, de acuerdo con la presente invención.

20

Descripción detallada de los modos de realización preferidos

La presente invención proporciona un esquema de sincronismo para sistemas de comunicaciones por radio. En la figura 3A se ilustra un ejemplo de radio o de unidad de comunicaciones que emplea la presente invención. Es-
25 pecíficamente, la unidad 12 incluye un transmisor 14, un receptor 16 y un procesador 18. El procesador puede ser implementado mediante un procesador (por ejemplo, un microprocesador o un controlador) o mediante unos circuitos convencionales, y controla la unidad (es decir, controla los modos de funcionamiento de la unidad, incluyendo al menos un modo de transmisión, un modo de recepción y un modo de espera o desocupado) para transmitir y recibir señales de información como se describe más adelante. El transmisor transmite preferiblemente señales de información desde el procesador en forma de señales de radiofrecuencia (RF), de acuerdo con instrucciones del procesador. El receptor 16 está configurado para recibir señales en forma de señales de radiofrecuencia (RF) transmitidas por
30 el transmisor de otra unidad. El receptor recibe señales transmitidas y reenvía las señales recibidas al procesador 18 para procesarlas como se describe más adelante. El transmisor y el receptor pueden ser implementados mediante componentes convencionales, tales como los empleados en unidades estándar de radio o de comunicaciones.

35

Con el fin de reforzar la seguridad y la fiabilidad interna de los sistemas de comunicaciones por radio, la unidad 12 puede transmitir y recibir señales codificadas, tales como señales de amplio espectro. Sin embargo, el proceso requerido por las unidades individuales de comunicaciones para emplear señales codificadas aumenta significativamente el consumo de potencia de la unidad. Por ejemplo, una unidad de radio o de comunicaciones de Amplio Espectro De
40 Secuencia Directa, dispersa o expande básicamente la anchura de banda de una señal en banda base a través de códigos de pseudo-ruido que incluyen una tasa de frecuencias mayor que la tasa de banda base. Los códigos son modulados sobre una señal de banda base y la señal resultante se mezcla con una señal portadora de RF para la transmisión. Una unidad receptora adapta los códigos transmitidos con las réplicas almacenadas a través de filtros digitales adaptados. Estos filtros deben muestrear el ambiente y realizar el filtrado con una velocidad de código más alta, incluso durante
45 los periodos de silencio o de bajas velocidades de transmisión, aumentando así significativamente el consumo de potencia de la unidad durante la recepción, como se ha descrito anteriormente.

Una unidad de radio o de comunicaciones de Amplio Espectro de Salto de Frecuencias desplaza en frecuencia la señal de banda base, basándose en un código de dispersión o de pseudo-ruido, para dispersar la señal sobre una anchura
50 de banda mayor. El orden de frecuencias se obtiene a partir del código, mientras que la tasa de desplazamiento o de salto es una función de los datos o tasa de información. Con el fin de adquirir la señal, se requiere típicamente que una unidad receptora desplace o salte frecuencias con una velocidad compatible, de acuerdo con el código de dispersión, consumiendo así cantidades de potencia aumentadas durante la recepción, como se ha descrito anteriormente. Una
55 unidad de radio o comunicaciones Híbrida de Amplio Espectro emplea típicamente una combinación de técnicas de secuencia directa y de salto de frecuencias y con ello experimenta un problema compuesto. Como las técnicas anteriores requieren un alto consumo de potencia por una unidad receptora, estas técnicas no son económicas ni factibles para dispositivos pequeños accionados por baterías, que incluyen recursos de potencia limitados.

Consecuentemente, la presente invención utiliza dispositivos pasivos para recibir una señal codificada, despertadora
60 o de sincronismo, modulada en frecuencia (FM) en forma de secuencia de tonos que gobierna los circuitos dentro de una unidad de comunicaciones para empezar a detectar una señal de información transmitida. En otras palabras, la señal de sincronismo activa o dispara la unidad desde un modo de espera para iniciar las comunicaciones. Por ejemplo, con respecto a los sistemas de amplio espectro, la señal de sincronismo puede iniciar la detección de los
65 códigos de pseudo-ruido y/o de salto de frecuencias, de acuerdo con esos códigos, para adquirir la señal de información transmitida. La presente invención escucha el ambiente con una potencia mínima, reduciendo así significativamente el consumo de potencia para las radios o unidades de comunicaciones de mano o portátiles. Además, la presente invención puede ser utilizada en cualquier sistema que requiera un modo de espera de baja potencia. Por ejemplo, las aplicaciones de la presente invención pueden incluir diversas gamas de sistemas de espera, incluyendo un sistema

sin llaves para coches o de alarma remota, sistemas de alarma no conectados directamente a una fuente de corriente alterna, etc.

Una de las razones principales para los ahorros de potencia producidos por la presente invención es la realización de un circuito despertador o de sincronismo (figura 3C) con componentes analógicos. Por ejemplo, un consumo de potencia por un dispositivo típico de correlación digital de 128 puntos es del orden de 1 vatio (0,932 vatios), mientras que un circuito sencillo de bucle enclavado en fase (por ejemplo, un bucle de primer orden) consume 0,050 vatios, produciendo así una relación de potencia de 20:1. Aunque la realización del filtro en bucle de segundo orden de la presente invención (figuras 3C y 5), que hace un seguimiento simultáneo de fase y frecuencia, aumenta el consumo de potencia de una implementación analógica, hasta aproximadamente 0,200 vatios, con lo que el filtro sigue dando una relación de potencia de 5:1. Además, los componentes, (por ejemplo multiplicadores, así como sumadores) de un dispositivo de correlación digital, están habilitados típicamente en todo momento. En una implementación analógica, los componentes quedan habilitados de una manera similar; sin embargo, los componentes están compuestos por elementos eléctricos básicos (por ejemplo, resistencias, bobinas, condensadores, etc.) que consumen inherentemente menos potencia que las puertas digitales de conmutación, que son componentes básicos de los circuitos digitales.

En la figura 3B, se ilustra un circuito de transmisión de la presente invención para generar la secuencia de tonos con el fin de iniciar las comunicaciones. El circuito de transmisión transmite básicamente la secuencia de tonos antes de cada sesión de comunicaciones con una unidad receptora, con el fin de iniciar las comunicaciones con esa unidad, como se describe más adelante. A modo de ejemplo solamente, se describe el circuito de transmisión con respecto a un ejemplo de unidad de comunicaciones de amplio espectro (por ejemplo, la unidad 12 de comunicaciones de la figura 3A). Sin embargo, el circuito de transmisión funciona y puede ser aplicado a cualquier unidad de radio o de comunicaciones, sustancialmente de la misma manera descrita a continuación, pero se aplica preferiblemente a unidades de comunicaciones que realizan un proceso significativo de señales de comunicaciones, con el fin de reducir el consumo de potencia de la unidad. Específicamente, el circuito de transmisión incluye un módulo 112 de entrada de control de frecuencia en banda base, un módulo 114 de síntesis digital directa (DDS), un oscilador local (LO) 118, un módulo 116 de conversión hacia arriba, un filtro 120 de paso bajo, un amplificador 122 de potencia y una antena 124. El módulo de control de frecuencia en banda base almacena señales de control para el módulo DDS 114 para facilitar la generación de la señal de tono apropiada (por ejemplo, $s(t) = \cos(\omega_0 t)$). Estas señales de control son típicamente de la forma de muestras generadas digitalmente de la forma de onda de salida deseada. El módulo de control de frecuencia inicia básicamente la generación de la secuencia de tonos para activar y establecer una sesión de comunicaciones con una unidad receptora, como respuesta a las señales de control desde el procesador de comunicaciones (por ejemplo el procesador 18 de la figura 3A).

El módulo DDS genera una señal de una frecuencia apropiada, como respuesta a las señales de control recibidas desde el módulo 112 de control de frecuencia. La señal de tono es dirigida al oscilador local 118, que recibe además una señal portadora (por ejemplo, $\cos(\omega_0 t)$) desde el módulo 116 de conversión hacia arriba. El oscilador local mezcla básicamente la señal de tono con la señal portadora, para producir una señal de tono modulada en frecuencia (por ejemplo, $x(t) = \cos[(\omega_0 + \omega_c)t] + \cos[(\omega_0 - \omega_c)t]$) adecuada para la transmisión. La señal es procesada por el filtro paso bajo 120 para recuperar partes deseadas de la señal para la transmisión. La señal filtrada es amplificada por el amplificador 122 de potencia y radiada al ambiente a través de la antena 124.

El módulo 112 de control de frecuencia habilita la generación y transmisión del tono durante un intervalo de tiempo particular (por ejemplo, proporciona señales de control al módulo DDS durante el intervalo de tiempo particular) suficiente para que una unidad receptora detecte ese tono, como se describe a continuación. Una vez que el intervalo ha expirado, el módulo de control de frecuencia proporciona señales de control al módulo DDS 114, para generar el siguiente tono dentro de la secuencia. Este proceso se repite para transmitir cada tono de la secuencia. La secuencia de tonos se transmite repetidamente de esta manera, hasta que se inician las comunicaciones por la unidad receptora o hasta que expira un intervalo de tiempo de la comunicación (es decir, el tiempo de expiración). Así, la unidad transmisora verifica que la unidad receptora ha recibido la secuencia de tonos y ha entrado en un modo activo desde un modo de espera, a través de la iniciación de las comunicaciones normales con la unidad receptora (por ejemplo, transmisiones estándar o de saludo de reconocimiento (*handshaking*), utilizando la forma de onda normal (por ejemplo, de amplio espectro)). La unidad transmisora entra básicamente en un modo activo para transmitir los tonos, habilitando con ello el saludo de reconocimiento o las comunicaciones con la unidad receptora, como respuesta a la detección del tono. Los componentes del circuito de transmisión se implementan típicamente por medio de componentes o circuitos convencionales, tales como los empleados en unidades estándar de radio o de comunicaciones. El circuito de transmisión reside, preferiblemente, como un circuito externo acoplado a los componentes del transmisor de la unidad de comunicaciones (por ejemplo, el transmisor 14 de la figura 3A), sin embargo, el circuito de transmisión puede estar dispuesto en cualquier lugar apropiado y puede estar integrado con el transmisor.

Alternativamente, el circuito de transmisión puede incluir cualquier cantidad de componentes, y puede ser configurado para transmitir la secuencia de tonos en paralelo. Por ejemplo, el módulo DDS 114 puede generar una señal que incluya frecuencias de cada tono, en una secuencia de acuerdo con las señales de control desde el módulo 112 de control de frecuencia, o el circuito de transmisión puede incluir varios sintetizadores, que generen, cada uno de ellos, una señal de tono específica, donde las señales de tono pueden ser transmitidas individualmente y/o combinadas en una señal de sincronismo para la transmisión. La secuencia de tonos puede incluir cualquier cantidad de tonos, mientras que el circuito de transmisión puede ser configurado de cualquier manera para transmitir los tonos de cualquier forma que se desee (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, etc.).

ES 2 299 647 T3

Los tonos son de banda estrecha, preferiblemente con una anchura de banda nominal de 1 Hz. Si se envían los tonos de una manera secuencial, la anchura de banda total de la señal despertadora es 1 Hz nominal. Cuando se envían los tonos concurrentemente (por ejemplo, en paralelo), la anchura de banda total es la separación entre los tonos. Por ejemplo, si se envían sesenta y cuatro tonos centrados en 1 GHz (por ejemplo, 32 tonos a cada lado), la anchura de banda total de la señal es de 64 Hz. La señal despertadora o de sincronismo puede ser transmitida en las ventanas de espectro desocupadas, impactando así mínimamente la anchura de banda y el funcionamiento normal de la unidad de comunicaciones. La Relación de la Señal al Ruido (SNR) de los tonos es similar a la de la señal de Amplio Espectro de secuencia Directa (DSSS), (por ejemplo, alta por encima de 10dB, o baja y muy baja por debajo de 10 dB y por debajo de 0 dB, respectivamente) siendo la diferencia la densidad de potencia por Hz de la anchura de banda. Con respecto a la DSSS, la potencia se reparte por la anchura de la banda, mientras que la potencia para el tono estrecho se concentra en la línea espectral del tono. Las anchuras de banda de DSSS están típicamente en la gama de 1 MHz a 32 MHz.

La duración del tiempo de cada tono depende de la realización específica del hardware del circuito despertador o de sincronismo (Fig. 3C), dentro de la unidad receptora descrita más adelante. La duración del tono puede ser controlada por el módulo de control de frecuencia en banda base que suministra los parámetros del tono al módulo DDS durante un cierto intervalo de tiempo, y posteriormente los parámetros de conmutación para generar el siguiente tono de la secuencia al expirar ese intervalo, como se ha descrito anteriormente. El parámetro principal es el tiempo para que un bucle enclavado en fase (PLL) de la unidad receptora se enclave en la señal, que para un bucle de primer orden se obtiene a partir de la integración de la señal diferencia:

$$\int_0^T \frac{A}{2T} [\sin[\omega \cdot (t - t_0)] - \sin(\omega \cdot t)] dt$$

integrando la ecuación anterior se tiene:

$$\frac{j}{2} \cdot A \cdot \frac{(\cos(T \cdot \omega) \cdot \cos(\omega \cdot t_0) + \sin(T \cdot \omega) \cdot \sin(\omega \cdot t_0) - \cos(T \cdot \omega) - \cos(\omega \cdot t_0) + 1)}{T \cdot \omega}$$

simplificando e igualando a un ejemplo de tensión de salida de cinco voltios (es decir, esto depende del sistema específico) se obtiene:

$$T := \frac{4A}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \quad T = 3,183 \times 10^{-6} \text{ s}$$

donde $A = 5V$ y $f_0 = 1 \text{ MHz}$.

Por tanto, para una amplitud de la señal de 5 voltios y una frecuencia de banda base, f_0 , de 1 MHz, el bucle se enclava tras $3,183 \mu\text{seg}$ (es decir, después de algo más de tres ciclos).

El filtro de doble bucle de la presente invención (figuras 3C y 5) se enclava aproximadamente a 10 muestras, como se ilustra en la figura 7. Por tanto, para una tasa de muestreo de 1 MHz, f_s , el tiempo para enclavarse, T_{lock} , es

$$T_{\text{lock}} := \frac{10}{f_s} \quad T_{\text{lock}} = 1 \times 10^{-5} \text{ s}$$

o $10 \mu\text{seg}$. Consecuentemente, la duración de cada tono debe exceder del tiempo de enclavamiento para el bucle particular empleado para habilitar la detección de ese tono por la unidad receptora.

El circuito despertador o de sincronismo de la unidad receptora de la presente invención se describe, a modo de ejemplo solamente, con respecto a una unidad de comunicaciones de amplio espectro. Sin embargo, el circuito de sincronismo de la presente invención funciona y puede ser aplicado a cualquier unidad de radio o de comunicaciones (es decir, incluyendo un sintonizador capaz de sintonizar un amplio conjunto de frecuencias), sustancialmente de la misma manera que la descrita más adelante, pero es preferiblemente aplicado a unidades de comunicaciones que realizan un proceso significativo para recibir una señal entrante, con el fin de reducir el consumo de potencia de la

unidad. El circuito despertador o de sincronismo de la presente invención, dentro de una parte receptora de un ejemplo de unidad de comunicaciones de amplio espectro (por ejemplo, la unidad 12 de comunicaciones de la figura 3A), está ilustrado en la figura 3C. Una de las características clave de los circuitos de sincronismo de la presente invención es el uso de una forma de onda de radio digital para la señal de sincronismo, y un filtro de doble bucle para hacer un seguimiento simultáneo de la frecuencia y de la fase, como se describe más adelante. Específicamente, la unidad de comunicaciones incluye un sintonizador 10 de RF, un convertidor 20 hacia abajo de frecuencia intermedia (IF), un circuito 30 de sincronismo y un procesador 40 de banda base, típicamente implementado por el procesador 18 (figura 3A). El sintonizador controla la capacidad de respuesta de la unidad a señales que tienen una cierta frecuencia. Una señal de RF recibida por el sintonizador 10 desde la antena (no ilustrada) de una unidad, es llevada a un convertidor hacia abajo de IF para convertir la señal de RF en una gama de frecuencia intermedia. La señal de IF resultante es dirigida hacia el circuito 30 de sincronismo que emplea el esquema de sincronismo de la presente invención para detectar las señales de FM codificadas e iniciar las comunicaciones (por ejemplo, la detección de códigos de pseudo-ruido y/o saltos de frecuencia de acuerdo con esos códigos) a través del procesador 40 de banda base. El sintonizador, el convertidor hacia abajo y el procesador de banda base se implementan típicamente por medio de componentes o circuitos convencionales, tales como los empleados en unidades estándar de radio o de comunicaciones.

El circuito 30 de sincronismo hace el servicio de un tipo de bucle enclavado en fase, para enclavarse sobre las señales entrantes y hacer un seguimiento de las mismas. En la figura 4 se ilustra, a modo de ejemplo solamente, un bucle convencional enclavado en fase. Inicialmente, este dispositivo controla básicamente la fase de la señal de salida modulada en frecuencia de un oscilador, para hacer un seguimiento de una señal de entrada. En particular, el bucle 50 enclavado en fase incluye un mezclador 52, un detector de fase y un filtro paso bajo 54, y un oscilador controlado en tensión (VCO) 56. El mezclador recibe una señal de entrada (por ejemplo, $x(t) = \cos(\omega_1 t)$) y una señal de salida desde el oscilador (por ejemplo, $y(t) = \cos(\omega_0 t)$), y genera una señal combinada de salida (por ejemplo, $z(t) = x(t)y(t)$). La señal combinada es llevada a un detector de fase y al filtro 54. El detector de fase compara las frecuencias de las señales de entrada y del oscilador y genera una señal de error de fase (por ejemplo, $e(t) = \int_0^t z(\tau)h(t-\tau)d\tau$) que es filtrada a través del filtro paso bajo, e indica una medida de la diferencia de fase. La señal de error de fase controla el oscilador para ajustar la frecuencia de la señal de salida (es decir, $y(t) = \cos(\omega_0 t)$) hacia la frecuencia de la señal de entrada. El oscilador se enclava en la frecuencia de la señal de entrada como respuesta a las condiciones apropiadas, y mantiene una relación de fase fija con esa señal. Durante el enclavamiento, la salida filtrada del detector de fase es típicamente una señal de corriente continua (CC), mientras que la entrada de control al VCO es una medida de la frecuencia de la señal de entrada. Así, la salida del oscilador es una señal generada localmente que incluye la frecuencia de la señal de entrada, detectando así y produciendo una copia limpia de la señal de entrada.

Volviendo a hacer referencia a la figura 3C, un circuito 30 de sincronismo es similar en principio al bucle de enclavamiento de fase e incluye un mezclador 31, un detector 32 de fase, un filtro 34 del bucle, un acumulador/comparador 36, un módulo 38 de disparo y un oscilador (NCO) 39 controlado numéricamente. El circuito de sincronismo detecta la señal de sincronismo (por ejemplo, la secuencia de tonos de FM) y dispara el procesador de banda base para iniciar las comunicaciones (por ejemplo, los códigos de proceso y de pseudo-ruido y/o el salto de frecuencia, de acuerdo con esos códigos), como respuestas a la detección de la secuencia de tonos, como se ha descrito anteriormente. Las frecuencias de la secuencia de tonos son almacenadas en una unidad 35 de almacenamiento. Una frecuencia de tono inicial, f_0 , es recuperada desde la unidad de almacenamiento y proporcionada al sintonizador 10 para la recepción de señales particulares y al oscilador 39 para producir una señal de salida (por ejemplo, $y(t)$).

El sintonizador 10 escucha la frecuencia particular proporcionada desde la unidad de almacenamiento (es decir, el sintonizador no es capaz de detectar ninguna otra frecuencia en un momento particular). Las diferentes frecuencias que componen la forma de onda total (por ejemplo, la señal de sincronismo), deben estar suficientemente separadas en frecuencia, de forma tal que las frecuencias no pueden caer dentro de la gama de captura del bucle. Esta gama de frecuencias está dada por la sensibilidad del bucle, que se obtiene a partir de las características del bucle. Por ejemplo, una sensibilidad de bucle de 2 voltios/rad, una sensibilidad del detector de fase de $4\pi 10^4$ rad/seg/voltio y una señal VCO de 1 kHz producen una gama de sincronismo entre 980 y 1020 Hz (es decir, una gama de 40 Hz). En este caso, las diferentes frecuencias han de estar separadas en más de 40 Hz.

El mezclador 31 recibe una señal de entrada (por ejemplo, $x(t)$) desde el convertidor 20 hacia abajo de IF y desde la señal de salida del oscilador, y genera una señal de salida combinada. Esta señal es transportada al detector 32 de fase, que compara las frecuencias de las señales y genera una señal de fase, ω_n , para ser procesada por el filtro 34 de bucle. El filtro en bucle hace una estimación fina de la fase y de la frecuencia de la señal de entrada, haciendo así un seguimiento de la señal de entrada tanto en fase como en frecuencia. La salida del filtro de bucle es recibida por el acumulador 36, el cual determina la presencia de una salida constante del filtro de bucle durante un intervalo de tiempo particular, indicando así la detección del tono de la secuencia. Los tonos no están limitados a ningún requisito de tiempo específico para la detección (es decir, generalmente la detección puede tener lugar en cualquier intervalo de tiempo entre el tiempo de enclavamiento del bucle y la duración del tono). El acumulador genera una señal de error (por ejemplo, $e(t)$) para controlar la frecuencia de la señal generada por el oscilador 39 hacia la frecuencia de la señal de entrada. Así, el circuito 30 de sincronismo puede enclavarse sobre la señal de entrada de una manera similar en principio a la del bucle enclavado en fase.

Como respuesta a la detección de tonos, el acumulador controla la unidad de almacenamiento para proporcionar la siguiente frecuencia de tono, dentro de la secuencia, al oscilador 39 y al sintonizador 10, para iniciar la detección del siguiente tono. El acumulador determina además cuando se ha detectado cada tono, dentro de una secuencia, y

genera una señal para la transmisión al módulo despertador 38. Este módulo inicia básicamente al procesador 40 de banda ancha, para conmutar la unidad de comunicaciones desde un modo de espera a un modo de recepción, para recibir las señales entrantes (es decir detectar códigos de pseudo-ruido y/o saltos de frecuencia, de acuerdo con esos códigos). Cuando no se envía ningún tono con la frecuencia anticipada por medio de una unidad de transmisión, el circuito de sincronismo no se enclava en ninguna fase específica y oscila por la anchura de banda establecida por el filtro de bucle. Esta condición es detectada por el acumulador y no da como resultado una declaración de un enclavamiento o detección. Los componentes del circuito se implementan típicamente por medio de componentes o circuitos convencionales, y pueden implementarse también en forma de circuitos integrados. El circuito despertador o de sincronismo reside preferiblemente como un circuito externo acoplado a los componentes del receptor de la unidad de comunicaciones (por ejemplo, el receptor 16 de la figura 3A); sin embargo, puede disponerse el circuito en cualquier lugar apropiado y puede ser integrado dentro del receptor.

El circuito de sincronismo puede incluir, alternativamente, cualquier cantidad de componentes (por ejemplo, varios sintonizadores para detectar cualquier frecuencia de un conjunto en cualquier momento dado, varios filtros, etc.) y puede ser configurado para detectar la transmisión paralela de los tonos de una secuencia. Por ejemplo, una señal combinada que incluya varios tonos puede ser procesada de una manera similar a la descrita anteriormente para extraer y detectar la presencia de la secuencia en la señal. Alternativamente, el circuito puede incluir varios componentes que detectan, cada uno de ellos, la presencia de un tono particular dentro de la secuencia de la manera descrita anteriormente. El circuito de sincronismo puede detectar la secuencia de tonos incluyendo cualquier cantidad de tonos y transmitidos de cualquier manera (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, etc.).

El filtro en bucle hace un seguimiento de la fase y de la frecuencia de la señal entrante, como se ilustra en la figura 5. Inicialmente, las características del filtro en bucle están definidas por las siguientes ecuaciones recurrentes,

Fase:

$$\theta_{n+1} = \hat{\theta}_n + \hat{\phi}_{n+1} + K_\theta [\omega_n - \hat{\theta}_n]$$

Frecuencia:

$$\phi_{n+1} = \bar{\phi}_n + K_\phi [\hat{\phi}_n + [\omega_n - \omega_{n-1}]]$$

donde θ representa la fase estimada, Φ representa la frecuencia estimada, ω_n representa la señal de fase del detector de fase y K_ϕ y K_θ representan constantes de ganancia de bucle. Las ecuaciones están establecidas en términos de entradas digitales; sin embargo, el filtro puede ser implementado y aplicado en componentes o sistemas digitales y/o analógicos. Específicamente, el filtro incluye una pluralidad de sumadores o elementos sumadores 62, 66, 70, 74, 78, 80, multiplicadores o elementos de ganancia 68, 76, y elementos de retardo 64, 72, 82. Estos componentes se implementan típicamente por medio de componentes convencionales. La señal de fase, ω_n , del detector de fase, es retardada inicialmente por un intervalo de tiempo a través del elemento de retardo 64 y proporcionada al sumador 62. El sumador recibe además la señal de fase no retardada para generar una diferencia entre las señales de fase actual y anterior (es decir, $\omega_n - \omega_{n-1} = d\omega/dt$). La diferencia es aplicada al sumador 66, que está acoplado además a la salida del elemento 72 de retardo, para recibir la estimación de frecuencia retardada en un intervalo de tiempo particular (por ejemplo, N_n). El sumador 66 genera una salida de la suma de estas señales (es decir, $\Phi_n + [\omega_n - \omega_{n-1}]$), que es dirigida hacia una entrada del multiplicador o elemento de ganancia 68. El multiplicador aplica una constante K_ϕ , que representa la ganancia del bucle de frecuencia, a las señales sumadas, para generar una salida de producto (es decir, $K_\phi [\Phi_n + [\omega_n - \omega_{n-1}]]$). La salida del producto es aplicada al sumador 70 junto con la estimación de frecuencia de salida retardada del elemento 72 de retardo, para generar la frecuencia estimada Φ_{n+1} (es decir, $\Phi_{n+1} = \Phi_n + K_\phi [\Phi_n + [\omega_n - \omega_{n-1}]]$), como se ha descrito anteriormente. Esta parte del filtro estima básicamente la frecuencia por diferenciación de la fase. Con el fin de generar una fase estimada, la señal de fase, ω_n , del detector de fase, es aplicada también al sumador 74. El sumador está acoplado además a la salida del elemento 82 de retardo, que retarda la fase estimada en un intervalo de tiempo particular (por ejemplo, θ_n). El sumador combina estas señales (es decir, $\omega_n - \theta_n$) y aplica el resultado al multiplicador o elemento 76 de ganancia. El multiplicador aplica a la suma una constante K_θ , que representa la ganancia del bucle de fase, para generar una salida del producto (es decir, $K_\theta [\omega_n - \theta_n]$). Esta salida del producto es aplicada al sumador 78, que está acoplado al sumador 70 y recibe la frecuencia estimada (es decir, N_{n+1}). La suma de estas señales (es decir, $\theta_{n+1} + K_\theta [\omega_n - \theta_n]$) es aplicada al sumador 80 que está acoplado a la salida del elemento 82 de retardo y recibe la estimación de fase retardada (es decir, θ_n). El sumador 80 combina las señales para generar la fase estimada θ_{n+1} (es decir, $\theta_{n+1} = \theta_n + \Phi_{n+1} + K_\theta [\omega_n - \theta_n]$), como se ha descrito anteriormente. Esta parte del filtro determina básicamente la estimación de fase por una función de alisamiento.

Las constantes del bucle, K_θ y K_ϕ , están determinadas por las funciones de transferencia del filtro y a través de simulaciones. En el ejemplo de la figura 7, $K_\phi = 0,65$ y $K_\theta = 0,35$. Las constantes deben tener un valor entre cero y uno

ES 2 299 647 T3

(es decir, $0 < K_{\phi,0} < 1$). Específicamente, aplicando la transformada Z, que es el equivalente digital de la transformada de Laplace para sistemas analógicos, las ecuaciones anteriores del bucle digital conducen a:

$$H_{\theta} := \frac{K_{\theta}}{(Z - 1 + K_{\theta})} \quad H_{\phi} := \frac{K_{\phi}}{(Z - 1 + K_{\phi})}$$

que es estable si los polos, (es decir, los ceros en el denominador) caen en el círculo unitario. Con el fin de conseguir esto, es necesario que se satisfagan las condiciones siguientes:

$$Z := 1 - K_{\theta} \quad \text{y} \quad Z := 1 - K_{\phi}$$

Por tanto, para que Z sea menor que 1, K_{ϕ} y K_{θ} deben ser, cada una de ellas, menores que 1.

Un bucle de primer orden puede hacer un seguimiento de los cambios escalonados de la velocidad de cambio de la fase (que es la frecuencia), mientras que un bucle de segundo orden puede hacer un seguimiento de cambios en rampa o continuos en la tasa de cambio de la fase. Los bucles de primer y segundo orden pueden ser incondicionalmente estables (que no es cierto para bucles de orden superior). El bucle de la figura 5 puede hacer un seguimiento del cambio de frecuencia, y es por tanto aplicable a plataformas móviles.

La presente invención puede emplear, alternativamente, un PLL convencional para decodificar la señal de sincronismo con una SNR alta (es decir, $SNR > 10$ dB), mientras que el filtro de doble bucle descrito anteriormente puede ser utilizado para hacer un seguimiento de plataformas y señales móviles con una SNR baja y muy baja (es decir, $SNR < 10$ dB y $SNR < 0$ dB, respectivamente). Esto es debido al seguimiento en doble bucle de la fase y de la velocidad de cambio de la fase (muestra a muestra), y está basado en un principio de promedio móvil. En esta medida, este bucle puede ser interpretado como un sistema de Promedio Móvil Auto-regresivo (ARMA).

El circuito de sincronismo o despertador recibe y procesa la señal de entrada, preferiblemente durante el modo de espera de la unidad de comunicaciones, con el fin de detectar la presencia de una secuencia de tonos. La detección se consigue enclavándose sobre la señal de entrada, como se ha descrito anteriormente. En la figura 6 se ilustra gráficamente un ejemplo de forma de onda multifrecuencia, procesada por el circuito de sincronismo, con referencia al dominio de tiempos. Los intervalos de tiempo de las diversas frecuencias de la señal pueden variar de cualquier manera. El filtro en bucle hace un seguimiento de la fase y la frecuencia de la señal de entrada para controlar el oscilador 39 para que siga a la señal de entrada. En la figura 7 se ilustra un ejemplo de ilustración gráfica del seguimiento que hace el circuito de sincronismo de una señal de entrada. Inicialmente, una señal 150 de entrada contiene el tono y ruido deseados. El filtro del bucle hace un seguimiento de la fase y de la frecuencia, consiguiendo así enclavarse rápidamente en 140. El filtro hace un seguimiento y suaviza la señal de entrada para permitir al oscilador que genere una señal suavizada 160 y habilitar al circuito para que indique la detección.

La manera en la cual la presente invención realiza el sincronismo para iniciar las comunicaciones, está ilustrada en la figura 8. A modo de ejemplo solamente, se describe el sincronismo de la presente invención con referencia a ejemplos de unidades de comunicaciones de amplio espectro (por ejemplo, la unidad 12 de comunicaciones y los correspondientes componentes descritos anteriormente para las figuras 3A-3C). Inicialmente, una unidad de transmisión transmite una secuencia de tonos para iniciar las comunicaciones, como se ha descrito anteriormente para la figura 3B. La unidad receptora detecta la secuencia de tonos con el fin de entrar en un modo activo para las comunicaciones desde un modo de espera. En particular, la unidad receptora selecciona una frecuencia inicial del tono, f_0 , dentro de la secuencia de tonos que se está transmitiendo, que incluye típicamente una serie de frecuencias diferentes, f_0, \dots, f_n . La secuencia particular de tonos empleada está pre-configurada entre las unidades transmisora y receptora. El oscilador 39 y el sintonizador 10 de la unidad receptora se sintonizan con la frecuencia inicial a través de la información de la unidad 35 de almacenamiento, como se ha descrito anteriormente. La señal del oscilador y la señal de entrada (es decir, recibida por la antena de la unidad receptora) son combinadas como se ha descrito anteriormente y aplicadas al detector de fase, para determinar una estimación de la fase inicial, ω_n , en el paso 90. El filtro en bucle recibe la estimación de la fase inicial desde el detector de fase y estima una fase y una frecuencia finas de la señal de entrada en el paso 92, para facilitar la detección de tonos y controlar el oscilador 39, como se ha descrito anteriormente. Cuando se recibe un tono dentro de la secuencia (es decir, incluyendo la frecuencia f_i , donde $0 \leq i \leq n$), el circuito de sincronismo comienza a enclavarse de una manera similar, en principio, a la del bucle enclavado en fase. El filtro genera una salida constante durante un periodo de tiempo predeterminado, que es detectado por el acumulador, indicando así la detección o un enclavamiento. No se requiere un intervalo de tiempo específico para declarar una detección de cada tono. En otras palabras, el circuito puede determinar la detección de cada tono, dentro de cualquier intervalo de tiempo deseado (es decir, generalmente cualquier intervalo entre el tiempo de enclavamiento del bucle y la duración del tono). Cuando no se recibe ningún tono, el circuito no se enclava en ninguna fase específica y oscila por los valores permitidos por la anchura de banda del filtro en bucle, como se ha descrito anteriormente. Por tanto, cuando el circuito no se enclava en la señal de entrada, como se ha determinado en el paso 94, la fase inicial, las estimaciones de fase inicial, fase fina y frecuencia se efectúan de manera que hacen un ciclo sobre los valores.

ES 2 299 647 T3

Si se detecta un enclavamiento en el paso 94 por medio del acumulador, se declara una detección y se almacena un indicador que indica que la detección del tono es almacenada por el acumulador, en el paso 96. El acumulador determina, basándose en los indicadores almacenados, si se ha detectado o no la secuencia completa de tonos en el paso 98. Cuando no se recibe cada uno de los tonos de la secuencia, el circuito se fija de manera que detecte el siguiente
5 tono de la secuencia en el paso 102. Esto se consigue típicamente por medio del acumulador que controla la unidad de almacenamiento, para proporcionar la información de frecuencia del siguiente tono al oscilador y al sintonizador, como se ha descrito anteriormente. El circuito detecta la transmisión de tonos sucesivos sustancialmente de la misma manera que la descrita anteriormente. Cuando hay tonos anteriores todavía residentes en el ambiente, durante la detección de un tono sucesivo, el circuito pierde el enclavamiento sobre el tono anterior y establece el enclavamiento sobre el tono
10 sucesivo, como respuesta a la transmisión del tono sucesivo y la información de la frecuencia para ese tono sucesivo proporcionada por la unidad de almacenamiento, como se ha descrito anteriormente.

Cuando se ha recibido cada uno de los tonos en el orden apropiado, como ha determinado el acumulador en el paso 98, se transmite una señal al módulo despertador para disparar el procesador de banda base para que conmute la
15 unidad desde el modo de espera al modo de recepción e inicie las comunicaciones en el paso 100. La unidad comienza posteriormente la detección y el proceso de las señales de información entrantes (es decir, la detección de los códigos de pseudos-ruido y/o los saltos de frecuencia, de acuerdo con esos códigos) como se ha descrito anteriormente. La unidad transmisora detecta el inicio de las comunicaciones por la unidad receptora (es decir, a través de la recepción de señales y/o del saludo de reconocimiento) y comienza a transmitir señales de información (por ejemplo, de amplio
20 espectro) a esa unidad. La presente invención utiliza la secuencia de las frecuencias de tonos para el sincronismo, donde los tonos son transmitidos y recibidos con la secuencia exacta predeterminada, para iniciar las comunicaciones. El sincronismo de la presente invención puede utilizar una señalización que difiera o sea la misma que la señalización de la unidad para las señales de información, donde las señales de sincronismo o tonos pueden incluir cualquier información deseada (por ejemplo, otra información distinta a la información de sincronismo).

Cuando la secuencia de tonos se transmite concurrentemente o en paralelo, el proceso puede ser modificado para detectar la presencia de cada tono de la secuencia en una señal recibida. Por ejemplo, los tonos pueden ser extraídos de la señal recibida y procesados secuencialmente o en paralelo, de una manera similar a la descrita anteriormente para detectar la secuencia de tonos. Alternativamente, pueden recibirse y procesarse tonos individuales en paralelo,
30 de una manera similar a la descrita anteriormente, donde pueden combinarse retenciones de tonos individuales para determinar la recepción de la secuencia.

Se podrá apreciar que los modos de realización descritos anteriormente e ilustrados en los dibujos, representan solamente unas pocas de las muchas maneras de implementar un método y un aparato para habilitar con seguridad una
35 unidad de comunicaciones por radio desde el modo de espera.

Un sistema de comunicaciones que emplee la presente invención puede incluir cualquier cantidad de unidades de comunicaciones. Las unidades pueden comunicarse a través de cualquier medio de comunicaciones adecuado (por ejemplo, un medio de comunicaciones inalámbricas, etc.). La unidad de comunicaciones puede incluir cualquier cantidad
40 de componentes convencionales u otros componentes (por ejemplo, un transmisor, un receptor, procesador, etc.), donde cada transmisor puede transmitir señales con cualquier frecuencia apropiada y en cualquier forma de energía adecuada (por ejemplo, señales de radio, microondas, señales ópticas, etc.) y cada receptor puede recibir señales en cualquier frecuencia apropiada y en cualquier forma de energía adecuada (por ejemplo, señales de radio, microondas, señales ópticas, etc.). Alternativamente, la unidad de comunicaciones puede incluir cualquier cantidad de dispositivos
45 transmisores/receptores combinados. La unidad de comunicaciones puede incluir cualquier cantidad de cualquier tipo de modos (por ejemplo, de transmisión, recepción, de espera, etc.) y puede detectar la señal de sincronismo y/o ser disparado para entrar en un modo de recepción desde cualquier modo deseado.

El procesador de la unidad de comunicaciones puede ser implementado por cualquier microprocesador convencional o de otro tipo, controlador o circuitos, para realizar las funciones descritas en esta memoria; aunque puede emplearse cualquier cantidad de procesadores o dispositivos de proceso o circuitos, dentro de la unidad de comunicaciones, donde las funciones del procesador pueden distribuirse de cualquier manera entre cualquier cantidad de
50 módulos, procesadores u otros dispositivos o circuitos de proceso.

La señal de sincronismo o despertadora puede incluir cualquier cantidad de tonos u otras señales en cualquier forma de energía, frecuencia o banda, y/o moduladas (por ejemplo, moduladas en frecuencia, etc.) codificadas y/o dispuestas en cualquier orden o manera deseados. Los tonos pueden estar separados en frecuencia mediante cualquier descentramiento adecuado fuera de la gama de captura del bucle. Los tonos o señales pueden ser transmitidos en cualquier orden o manera deseados (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, intercalados con otra señal, cualquier
60 combinación de estos, etc.). La señal de sincronismo puede incluir cualquier cantidad de secuencias para disparar una unidad receptora, donde cada secuencia puede incluir cualquier cantidad de tonos u otras señales dispuestas de cualquier manera.

Los componentes del circuito de transmisión (por ejemplo, el módulo de entrada de control de frecuencia, el módulo de conversión hacia arriba, el oscilador local, el filtro de paso bajo, el amplificador, la DDS, la antena, etc.) pueden ser implementados por cualquier cantidad de cualquier componente convencional u otros componentes que realicen las funciones descritas en esta memoria. Estos componentes pueden ser implementados por cualquier procesador y/o circuitos. El filtro puede ser implementado por cualquier tipo de filtro para extraer una parte de frecuencias deseadas,
65

ES 2 299 647 T3

(por ejemplo, paso alto, paso bajo, paso de banda, etc.). El circuito puede generar y transmitir cualquier tipo de señal de sincronismo (por ejemplo, tonos, señales codificadas, señales moduladas, etc.). Los tonos pueden ser transmitidos en cualquier orden o manera (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, cualquier combinación de los mismos, etc.). La DDS puede ser implementada mediante cualquier tipo de oscilador o sintetizador para generar una señal apropiada (por ejemplo, de una frecuencia en particular, etc.) basándose en señales de control. El módulo de entrada de control de frecuencias puede proporcionar cualquier tipo de señales de control al DDS u otro sintetizador, para generar las señales apropiadas. La señal portadora proporcionada por el módulo de conversión hacia arriba puede ser de cualquier frecuencia deseada o forma de energía adecuada para la transmisión. El amplificador puede incluir cualquier ganancia deseada para amplificar la señal, mientras que la antena puede incluir cualquier configuración deseada para emitir la señal. Los tonos pueden incluir cualquier duración deseada, donde la duración puede ser controlada por cualquier componente del circuito de transmisión o por un procesador o circuito externos.

El circuito de transmisión puede ser configurado para transmitir la secuencia de tonos en paralelo. Por ejemplo, el módulo DDS puede generar una señal que incluye frecuencias de cada tono en una secuencia, de acuerdo con las señales de control del módulo de control de frecuencia, o el circuito de transmisión puede incluir varios sintetizadores que generen, cada uno de ellos, una señal de tono específico, donde las señales de tono pueden ser transmitidas individualmente y/o combinadas en una señal de sincronismo para la transmisión. Una unidad de comunicaciones puede incluir cualquier cantidad de circuitos de transmisión para transmitir cualquier cantidad de señales de sincronismo, mientras que el circuito de transmisión puede ser configurado de cualquier manera para transmitir los tonos y/o secuencias en cualquier orden o manera deseados (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, etc.). El circuito de transmisión reside, preferiblemente, como un circuito externo acoplado a los componentes de la unidad de comunicaciones; sin embargo, el circuito de transmisión puede estar dispuesto en cualquier lugar apropiado y puede estar integrado con cualquier componente deseado (por ejemplo, un transmisor, etc.).

Los componentes de la parte receptora de la unidad de comunicaciones (por ejemplo, el sintonizador, el convertidor hacia abajo, el procesador, etc.) pueden ser implementados por cualquier cantidad de cualquier componente convencional u otros componentes que realiza las funciones descritas en esta memoria. Estos componentes pueden ser implementados por cualquier procesador y/o circuitos. El sintonizador puede responder a cualquier frecuencia o gama de frecuencias deseadas, para recibir cualquier señal deseada o cantidad de señales (por ejemplo, tonos o secuencias de tonos).

Los componentes del circuito despertador o de sincronismo (por ejemplo, el mezclador, el detector de fase, el filtro en bucle, el acumulador, el módulo de disparo, el oscilador, la unidad de almacenamiento, etc.) pueden ser implementados de manera similar por cualquier cantidad de cualquier componente convencional u otros componentes que realizan las funciones descritas en esta memoria. Estos componentes pueden ser implementados por medio de cualquier procesador y/o circuitos. El circuito puede detectar cualquier tipo de señal de sincronismo (por ejemplo, tonos, señales codificadas, señales moduladas, cualquier forma de energía, etc.) transmitidas en cualquier orden o manera (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, cualquier combinación de las mismas, etc.). El acumulador puede detectar la salida del filtro durante cualquier intervalo de tiempo deseado, con el fin de declarar una detección o enclavamiento. La unidad de almacenamiento puede ser implementada por cualquier dispositivo de almacenamiento convencional u otro dispositivo e incluir información para generar señales de cualquier frecuencia deseada. El oscilador puede ser implementado por medio de cualquier oscilador convencional o de otro tipo, para generar, cualquier tipo de señal, basándose en cualquier tipo de información de control y/o de frecuencia. Una unidad de comunicaciones puede incluir cualquier cantidad de partes receptoras y/o circuitos de sincronismo, para recibir cualquier cantidad de señales de sincronismo, mientras que la parte receptora y/o los circuitos de sincronismo puede ser configurados de cualquier manera para recibir los tonos y/o las secuencias en cualquier orden o manera deseados (por ejemplo, secuencialmente, en paralelo, etc.). El circuito de sincronismo reside, preferiblemente, como un circuito externo acoplado a los componentes de la unidad de comunicaciones; sin embargo, el circuito de sincronismo puede estar dispuesto en cualquier lugar apropiado y puede ser integrado con cualquier componente deseado (por ejemplo, el receptor, etc.).

El circuito de sincronismo puede utilizar un PLL convencional para las condiciones de SNR alta, y puede emplear el filtro de doble bucle en cualquier condición deseada, pero preferiblemente en condiciones de SNR baja y muy baja. El circuito de sincronismo puede incluir diversas configuraciones para detectar diversas señales de sincronismo transmitidas en cualquier orden o manera. Por ejemplo, el circuito puede emplear un solo PLL convencional con un solo tono utilizado como señal de sincronismo. La detección del tono por la unidad receptora inicia básicamente las comunicaciones de una manera similar a la descrita anteriormente. En este caso, el circuito de sincronismo incluye un PLL convencional (por ejemplo, el de la figura 4), preferiblemente en forma de circuito integrado, acoplado a un detector de amplitud, para determinar cuándo se excede de un umbral particular (por ejemplo, que indica la recepción de la señal despertadora o tono). El detector de amplitud está acoplado a un circuito de disparo para habilitar a la unidad de comunicaciones.

Alternativamente, el circuito de sincronismo puede incluir un PLL de doble bucle (es decir, con seguimiento de fase y de frecuencia), que utiliza un solo tono como señal de sincronismo para hacer un seguimiento de plataformas móviles con SNR baja. Este tipo de circuito incluye el PLL de doble bucle acoplado a un detector de amplitud para determinar la recepción del tono, donde el detector está acoplado además a un circuito de disparo para habilitar a la unidad de comunicaciones.

ES 2 299 647 T3

Otra configuración más del circuito de sincronismo puede incluir un solo PLL convencional, utilizando varios tonos como señal de sincronismo. Esta configuración incluye el PLL acoplado a un detector de amplitud que está acoplado también a acumuladores (por ejemplo, condensadores) que detectan la recepción de cada tono. En este caso, la recepción de cada tono indica la recepción de la señal de sincronismo, mientras que la secuencia particular en la cual se envían los tonos, es irrelevante.

Otra configuración más del circuito de sincronismo para hacer un seguimiento de las plataformas móviles con SNR baja, puede incluir el PLL de doble bucle utilizando varios tonos como señal de sincronismo. Esta configuración incluye el PLL de doble bucle acoplado a un detector de amplitud que está acoplado también a acumuladores (por ejemplo, condensadores) que detectan la recepción de cada tono. En este caso, la recepción de cada tono indica la recepción de la señal de sincronismo, mientras que la secuencia particular en la cual se envían los tonos es irrelevante.

Una configuración más del circuito de configuración puede incluir varios PLL convencionales que detectan, cada uno de ellos, un tono particular dentro de una señal despertadora o de sincronismo de varios tonos, y acoplados a un detector de amplitud para determinar cuándo se excede de un umbral en particular (por ejemplo, indicando la recepción de un tono en particular). Los detectores de amplitud están acoplados a un circuito de acumulación y suma (por ejemplo, condensadores), como se ha descrito anteriormente para detectar la recepción de cada tono, que está acoplado a un circuito de disparo para iniciar las comunicaciones.

Otra configuración del circuito de sincronismo para hacer un seguimiento de plataformas móviles con SNR baja, incluye varios PLL de doble bucle que detectan, cada uno de ellos, un tono particular dentro de una señal despertadora de varios tonos, y acoplados a un detector de amplitud, para determinar la recepción de un tono particular. Los detectores de amplitud están acoplados a un circuito de acumulación y suma (por ejemplo, condensadores, como se ha descrito anteriormente para detectar la recepción de cada tono, que está acoplado a un circuito de disparo para iniciar las comunicaciones.

Los componentes del filtro en bucle puede ser implementados por cualquier cantidad de cualquier componente convencional u otros componentes (por ejemplo, sumadores, multiplicadores, elementos de retardo, etc.) dispuestos de cualquier manera para generar las salidas deseadas, de acuerdo con las ecuaciones del filtro. El filtro puede ser implementado por cualquier procesador o circuitos en forma digital y/o analógica. Las constantes pueden tener cualquier valor deseado entre cero y uno, y pueden incluir también valores fuera de esta gama, dependiendo de la estabilidad deseada del filtro. El filtro en bucle puede incluir además cualquier cantidad deseada de bucles para hacer un seguimiento de la fase, la frecuencia y/o cualquier otra característica de la señal. El filtro en bucle puede ser utilizado en cualquier condición de SNR deseada (por ejemplo, alta, baja, muy baja, etc.) pero es preferiblemente utilizado para condiciones de SNR bajas y muy bajas. Las ecuaciones del filtro en bucle pueden ser modificadas en cualquier forma deseada que permita el seguimiento de la fase y de la frecuencia, como se ha descrito anteriormente.

El software para los procesadores de la unidad de comunicaciones y de los circuitos correspondientes, puede ser implementado en cualquier lenguaje de ordenador apropiado, y podría ser desarrollado por un experto normal en las técnicas de ordenadores y de programación, basándose en la descripción funcional contenida en esta memoria y en el diagrama de flujo ilustrado en los dibujos. Las técnicas descritas anteriormente e ilustradas en el diagrama de flujo pueden ser modificadas de cualquier manera que cumpla las funciones descritas en esta memoria.

Las diversas variables utilizadas en esta memoria (por ejemplo, "i", "n", "N", etc.) están típicamente en forma de enteros, pero pueden ser de cualquier forma deseada y tener cualquier valor deseado, para representar las características diversas de la presente invención (por ejemplo, cantidad de tonos, plataformas, frecuencias, etc.). El sincronismo de la presente invención puede utilizar una señalización que difiera o sea la misma que la señalización de la unidad para señales de información, donde las señales de sincronismo o tonos pueden incluir cualquier información que se desee (por ejemplo, información distinta a la de sincronismo). Cada tono dentro de una secuencia puede ser transmitido y/o recibido en cualquier orden deseado para iniciar las comunicaciones (por ejemplo, ningún orden (es decir, recepción de todo o cualquier parte deseada de la secuencia en cualquier orden), orden exacto (es decir, recepción de todo o cualquier parte deseada de la secuencia en el orden exacto), que cada noveno tono recibido esté en la secuencia, que cualquier parte deseada de la secuencia esté recibida en cualquier orden, etc.).

Debe entenderse que la presente invención no está limitada a las aplicaciones descritas en esta memoria, sino que pueden ser utilizadas por diversas aplicaciones de comunicaciones, especialmente aquellas que emplean un proceso significativo de las señales recibidas (por ejemplo, señales codificadas, de amplio espectro, etc.). Además, la presente invención puede ser utilizada en cualquier sistema que requiera un modo de espera de baja potencia. Por ejemplo, las aplicaciones de la presente invención pueden incluir diversas gamas de sistemas de espera, incluyendo la entrada sin llaves a un coche o un sistema de alarma remota, sistemas de alarma no directamente conectados a una fuente de corriente alterna, etc. Más aún, la presente invención puede ser implementada o aplicada en varios dispositivos portátiles u otros dispositivos de comunicaciones (por ejemplo, teléfonos, radios, ordenadores, etc.), especialmente aquellos que utilizan baterías u otras fuentes de potencia limitada, para reducir el consumo de potencia del dispositivo.

A partir de la descripción anterior, se podrá apreciar que la invención hace disponible un método y un aparato novedosos para habilitar con seguridad a una unidad de comunicaciones por radio desde un modo de espera, donde una señal de sincronismo en forma de secuencia de tonos de FM se transmite para habilitar a una unidad receptora para que inicie las comunicaciones, reduciendo así el consumo de potencia de la unidad.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad (12) de comunicaciones para transmitir y recibir señales, que comprende:

una sección (14) de transmisión, para transmitir señales en forma de señales de radio;

una sección (16) de recepción para recibir señales en forma de señales de radio; y

un procesador (18) para controlar el funcionamiento de la unidad de comunicaciones,

donde dicho procesador está adaptado para controlar modos de funcionamiento de dicha unidad, incluyendo al menos un modo de recepción, un modo de transmisión y un modo de espera;

donde dicha sección (16) de recepción incluye un circuito (30) de sincronismo para detectar, durante dicho modo de espera una señal de sincronismo pre-configurada que informa a dicha unidad de comunicaciones sobre una señal de información de una señal de sincronismo entrante, siendo recibida dicha señal de sincronismo independientemente de dicha señal de información, incluyendo una secuencia de señales de frecuencia individual, que corresponden cada una de ellas a una frecuencia correspondiente particular, y para disparar dicho procesador (18) para que conmute dicha unidad (12) desde dicho modo de espera a dicho modo de recepción, para recibir y procesar dicha señal de información entrante como respuesta a la detección de cada frecuencia individual en dicha secuencia;

donde dicha sección de recepción está configurada para recibir y procesar dicha señal de información generada y transmitida de acuerdo con un primer esquema de comunicaciones, y dicho circuito de sincronismo está configurado para recibir y procesar dicha señal de sincronismo generada y transmitida de acuerdo con un segundo esquema de comunicaciones diferente.

2. La unidad de la reivindicación 1, en la que dicha sección de recepción está configurada para recibir y procesar dicha señal de información de acuerdo con un esquema de amplio espectro, y dicho circuito de sincronismo está configurado para recibir y procesar dicha señal de sincronismo de acuerdo con un esquema de modulación en frecuencia.

3. La unidad de la reivindicación 1 o 2, en la que dicha sección de transmisión incluye un circuito de transmisión para generar y transmitir dicha señal de sincronismo, incluyendo dicha secuencia de señales de frecuencia individual de una frecuencia correspondiente, incluyendo dicho circuito de transmisión:

un módulo de entrada de control de frecuencia para almacenar señales de control que controlan la generación de cada señal de frecuencia, dentro de dicha secuencia:

un sintetizador (114) para generar cada una de dichas señales de frecuencia, de acuerdo con dichas señales de control desde dicho módulo de entrada de control de frecuencia,

un módulo (116) de conversión hacia arriba para proporcionar una señal portadora para la transmisión de cada una de dichas señales de frecuencia;

un oscilador (118) para mezclar cada señal de frecuencia con dicha señal portadora y generar una señal mixta;

un filtro (120) para recuperar las partes deseadas de dicha señal mixta y generar una señal filtrada que contenga dichas partes deseadas; y

un amplificador (122) para amplificar dicha señal filtrada y producir una señal amplificada para la transmisión.

4. La unidad de la reivindicación 1, donde dicho circuito (30) de sincronismo incluye un circuito (31, 32, 34, 36, 35, 39) de seguimiento para hacer un seguimiento de la fase y de la frecuencia de las señales recibidas, para detectar la presencia de dichas señales de frecuencia de dicha secuencia.

5. La unidad de la reivindicación 4, en la que dicho circuito de seguimiento incluye un filtro (34) en bucle, para hacer un seguimiento de dicha fase y de dicha frecuencia de dichas señales recibidas, de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

Frecuencia:

$$\phi_{n+1} = \hat{\phi}_n + K_{\phi} [\hat{\phi}_n + [\omega_n - \omega_{n-1}]]$$

Fase:

$$\theta_{n+1} = \hat{\theta}_n + \hat{\phi}_{n+1} + K_{\theta} [\omega_n - \hat{\theta}_n]$$

5

donde θ representa la fase estimada, Φ representa la frecuencia estimada, ω_n representa una señal de fase que indica la información de fase de una señal recibida con respecto a una señal de referencia, y K_{ϕ} y K_{θ} representan constantes de ganancia del bucle.

10

6. La unidad de la reivindicación 4, en la que dicho seguimiento incluye:

un detector (32) de fase para generar una señal de fase que indica información de fase de una señal recibida, con respecto a una señal de referencia;

15

un filtro (34) en bucle para recibir dicha señal de fase y generar estimaciones de fase y frecuencia; y

un acumulador (36) para detectar la presencia de dicha señal, basándose en dichas estimaciones.

20

7. La unidad de la reivindicación 4, en la que dicha sección de recepción incluye además:

un sintonizador (10) para recibir señales de una frecuencia particular, de acuerdo con señales de control;

un módulo (20) de conversión hacia abajo, para convertir la señal entrante en una señal de frecuencia intermedia que es dirigida a dicho circuito (30) de sincronismo, donde dicho circuito de sincronismo incluye:

25

dicho circuito de seguimiento, que incluye:

un oscilador (39) para generar una señal de referencia, de acuerdo con parámetros de control;

30

una unidad (35) de almacenamiento para almacenar y proporcionar información de frecuencias relativa a cada una de dichas señales de frecuencia de dicha secuencia, a dichos oscilador y sintonizador;

un mezclador (31) para mezclar una señal recibida con dicha señal de referencia, para generar una señal mixta;

35

un detector (32) de fase, para recibir dicha señal mixta y generar una señal de fase que indica información de fase de dicha señal mixta;

un filtro (34) en bucle, para recibir dicha señal de fase y generar estimaciones de fase y frecuencia; y

40

un acumulador (36) para generar parámetros de control para dicho oscilador y detectar la presencia de una señal de frecuencia dentro de dicha secuencia, basándose en dichas estimaciones, y para determinar la recepción de cada señal de frecuencia en dicha secuencia; y

un módulo (38) de activación, para disparar dicho procesador para que inicie una sesión de comunicaciones, como respuesta a dicha recepción de dicha secuencia.

45

8. La unidad de la reivindicación 1, en la que dicha sección de recepción está adaptada para recibir dicha señal de sincronismo preconfigurada desde otro circuito de comunicaciones, independientemente de dicha señal de información, e inicia la recepción de dicha señal de información desde esa otra unidad de comunicaciones, como respuesta a la detección de dicha señal de sincronismo.

50

9. Un método para transmitir y recibir señales de información en forma de señales de radio entre unidades de comunicaciones dentro de un sistema de comunicaciones, que comprende los pasos de:

55

a) detectar una señal de sincronismo preconfigurada en una unidad receptora, que se recibe desde una unidad transmisora, e informa a dicha unidad receptora de una señal de información entrante, donde dicha señal de sincronismo se recibe independientemente de dicha información entrante e incluye una secuencia de señales de frecuencia individual, cada una de una frecuencia particular correspondiente, y donde dicha unidad de recepción incluye modos de funcionamiento de al menos un modo de recepción, un modo de transmisión y un modo de espera, y dicha detección tiene lugar durante dicho modo de espera;

60

b) conmutar dicha unidad de recepción desde dicho modo de espera a dicho modo de recepción, para recibir y procesar dicha información entrante prevista desde dicha unidad de transmisión como respuesta a la detección de cada señal de frecuencia individual en dicha secuencia, donde dicha señal de información se genera y se transmite de acuerdo con un primer esquema de comunicaciones, y dichas al menos dos señales de frecuencia son generadas y transmitidas de acuerdo con un segundo esquema de comunicaciones diferente.

65

10. El método de la reivindicación 9, en el que dicho primer esquema de comunicaciones incluye la generación y la transmisión de dicha señal de información en forma de una señal de amplio espectro, y dicho segundo esquema de comunicaciones incluye la modulación en frecuencia.

5 11. El método de la reivindicación 9 o 10, en el que el paso a) incluye además:

a.1) generar y transmitir dicha señal de sincronismo en dicha unidad de transmisión mediante:

- 10 a.1.1) almacenar señales de control que faciliten la generación de cada señal de frecuencia dentro de dicha secuencia;
- a.1.2) generar cada una de dichas señales de frecuencia de acuerdo con dichas señales de control;
- 15 a.1.3) proporcionar una señal portadora para la transmisión de cada una de dichas señales de frecuencia;
- a.1.4) mezclar cada señal de frecuencia con dicha señal portadora y producir una señal mixta;
- 20 a.1.5) recuperar partes deseadas de dicha señal mixta y producir una señal filtrada que contenga dichas partes deseadas; y
- a.1.6) amplificar dicha señal filtrada y producir una señal amplificada para la transmisión.

12. El método de la reivindicación 9, en el que dicha unidad receptora incluye un circuito de sincronismo que emplea un circuito de seguimiento para detectar dicha señal de sincronismo, y en el que el paso a) incluye además:

25 a.1) detectar dicha señal de sincronismo haciendo un seguimiento de la fase y de la frecuencia de las señales entrantes, para detectar la presencia de dicha al menos una señal de frecuencia de dicha secuencia.

13. El método de la reivindicación 12, en el que el paso a.1) incluye además:

30 a.1.1) hacer un seguimiento de dichas fase y frecuencia de dichas señales entrantes, de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

Fase:

$$\theta_{n+1} = \hat{\theta}_n + \hat{\phi}_{n+1} + K_{\theta} [\omega_n - \hat{\theta}_n]$$

Frecuencia:

$$\phi_{n+1} = \hat{\phi}_n + K_{\phi} [\hat{\phi}_n + [\omega_n - \omega_{n-1}]]$$

50 donde θ representa la fase estimada, Φ representa la frecuencia estimada, ω_n representa una señal de fase que indica la información de fase de una señal entrante con respecto a una señal de referencia, y K_{ϕ} y K_{θ} representan constantes de ganancia del bucle.

14. El método de la reivindicación 9, en el que el paso a) incluye además:

a.1) detectar dicha señal de sincronismo en dicha unidad receptora mediante la siguiente:

- 55 a.1.1) recibir señales entrantes de una frecuencia particular, de acuerdo con señales de control;
- a.1.2) convertir una señal entrante en una señal de frecuencia intermedia;
- 60 a.1.3) generar una señal de referencia de acuerdo con parámetros de control;
- a.1.4) almacenar y proporcionar información de frecuencias relativa a cada señal de frecuencia de dicha secuencia, para recibir dichas señales entrantes y generar dicha señal de referencia;
- 65 a.1.5) mezclar la señal de frecuencia intermedia con dicha señal de referencia para producir una señal mixta;

ES 2 299 647 T3

- a.1.6) determinar una señal de fase que indique la información de fase de dicha señal mixta;
- a.1.7) determinar estimaciones de fase y frecuencia, basándose en dicha señal de fase;
- 5 a.1.8) generar parámetros de control para generar la señal de referencia y detectar la presencia de una
señal de frecuencia dentro de dicha secuencia, basándose en dichas estimaciones, y determinar la
recepción de cada señal de frecuencia en dicha secuencia; y
- 10 a.1.9) iniciar una sesión de comunicaciones como respuesta a dicha recepción de dicha secuencia.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

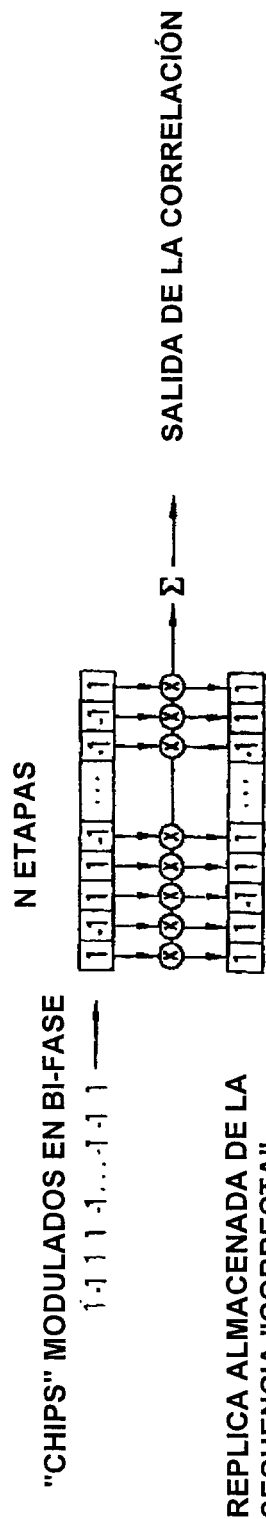


FIG.1

FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO DIGITAL ADAPTADO

SECUENCIA 1 1 1 1
ADAPTADA 1 1 1 1 $\Rightarrow 1 + 1 + 1 + 1 = 4$

SECUENCIA 1 1 1 1
NO ADAPTADA 1 1 1 1 $\Rightarrow 1 + 1 - 1 - 1 = 0$

FIG.2

SALIDAS DMF DE SECUENCIAS ADAPTADAS Y NO ADAPTADAS

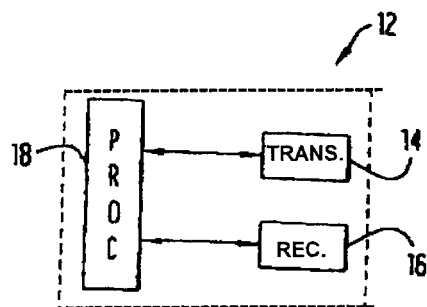


FIG. 3A

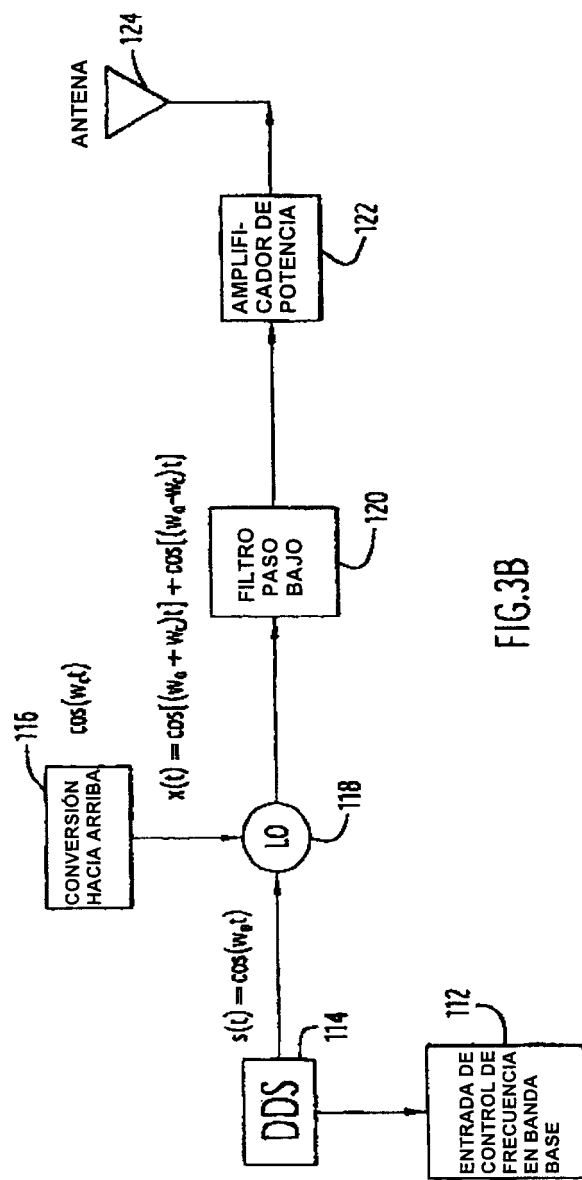


FIG.3B

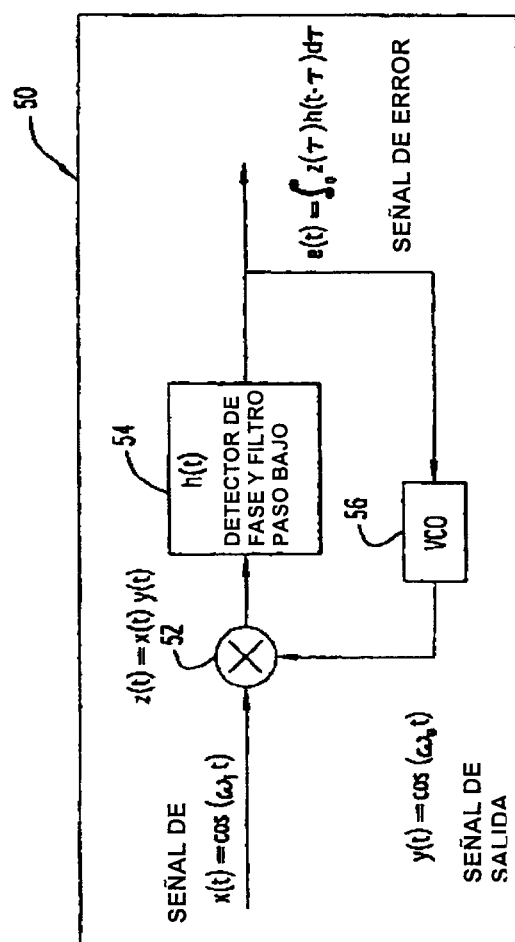


FIG.4
 BUCLE BÁSICO ENCLAVADO EN FASE (PLL)

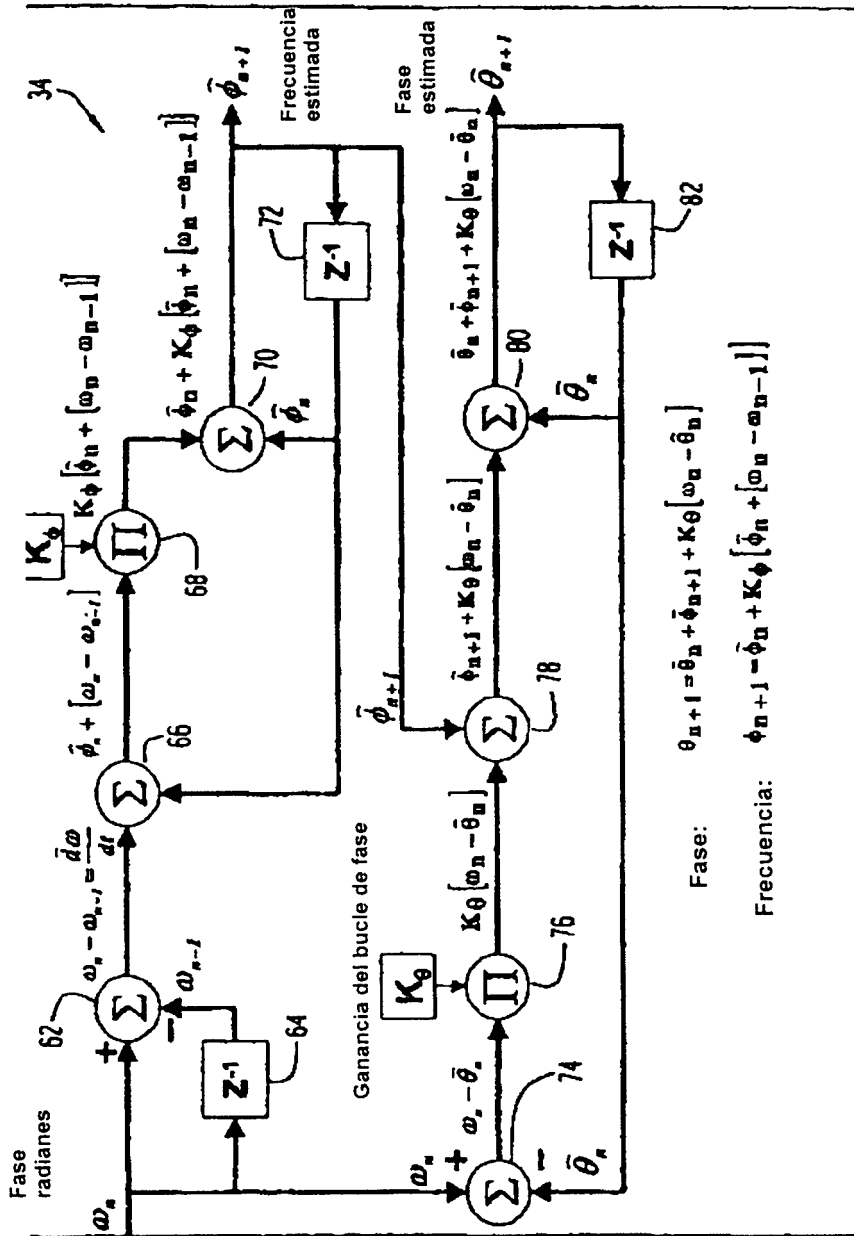


FIG.5

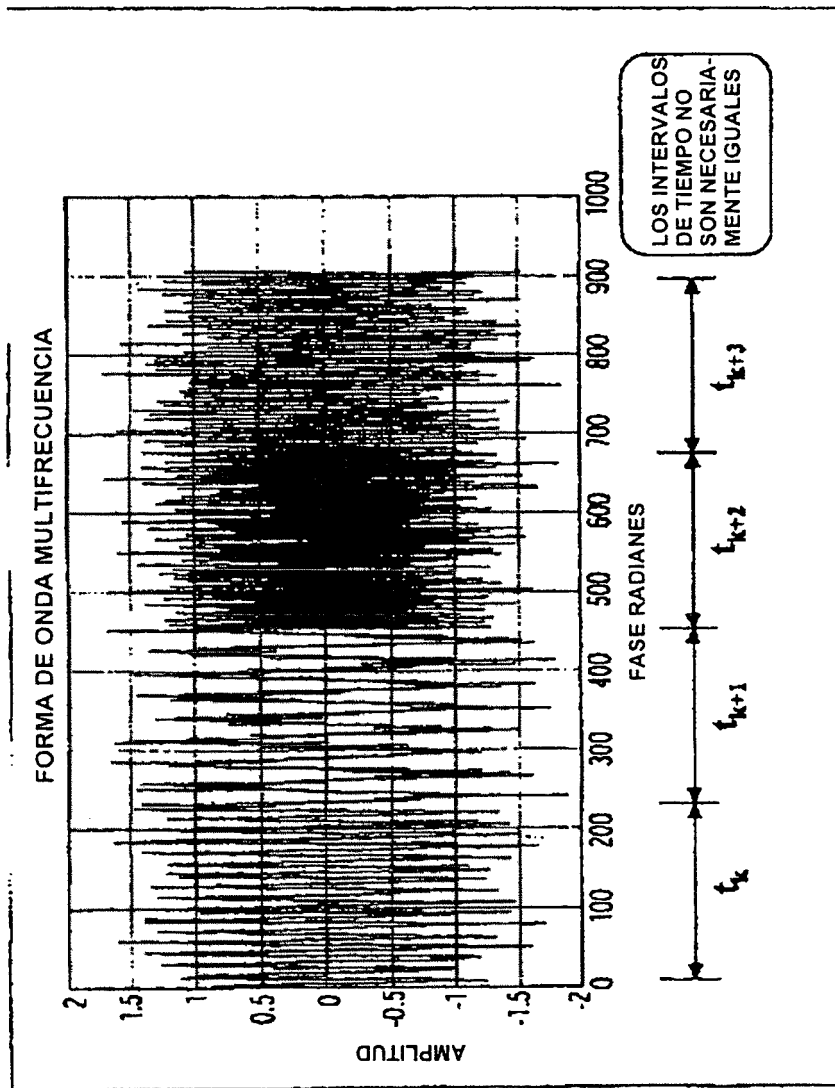


FIG.6

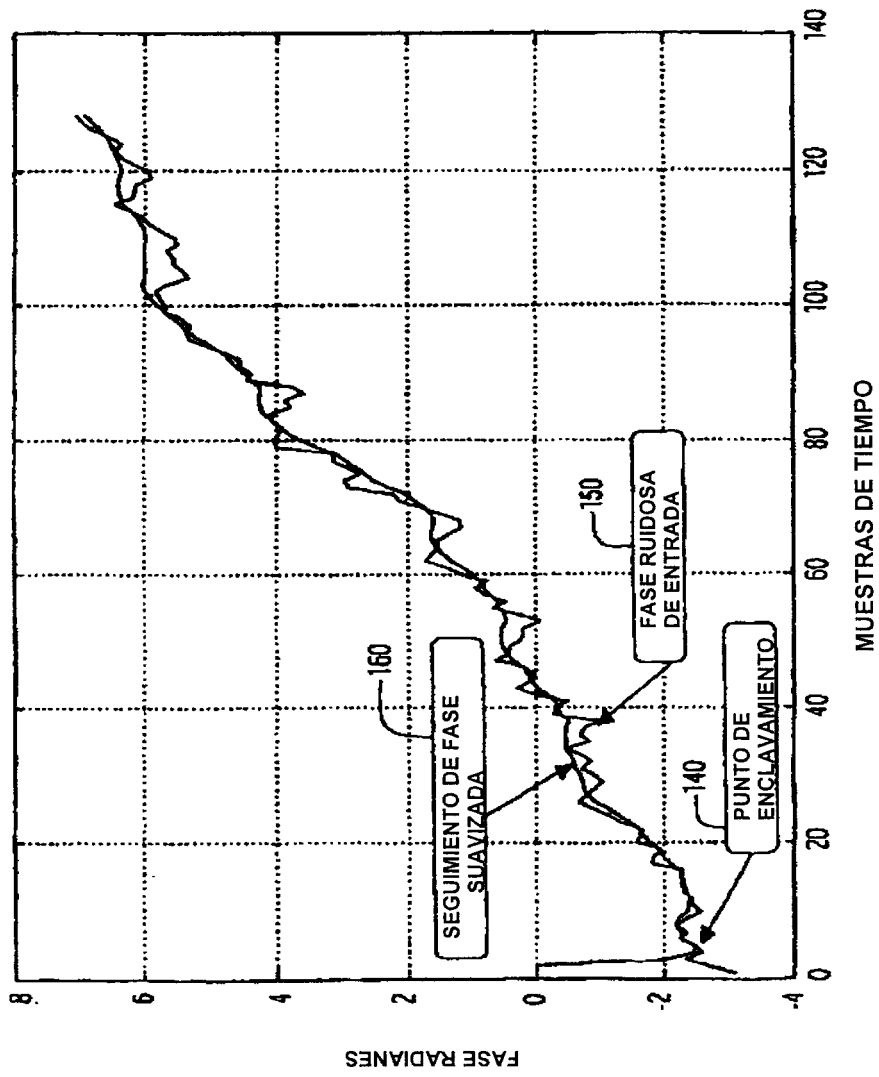


FIG.7

ENCLAVAMIENTO Y SEGUIMIENTO DE FASE

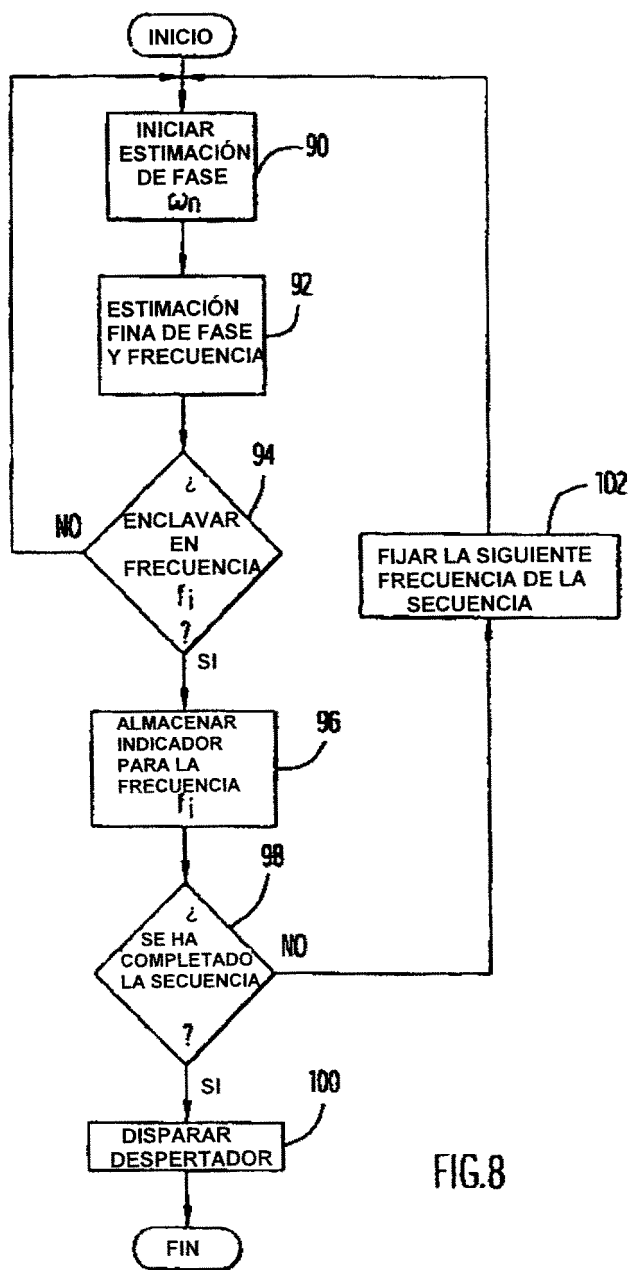


FIG.8