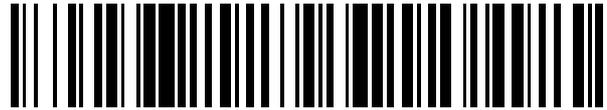


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 546**

51 Int. Cl.:

H04B 1/69 (2011.01)

H04B 1/692 (2011.01)

H04B 1/713 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2008 E 08160835 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 2019495**

54 Título: **Sistemas de espectro ensanchado de secuencia directa/salto de frecuencia coherentes y no coherentes con alta eficiencia de potencia y de ancho de banda y método para ellos**

30 Prioridad:

23.07.2007 US 880564

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

05.02.2014

73 Titular/es:

**EXELIS INC. (100.0%)
1650 Tysons Boulevard, Suite 1700
McLean, VA 22102, US**

72 Inventor/es:

DJUKNIC, GORAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 441 546 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

Sistemas de espectro ensanchado de secuencia directa/salto de frecuencia coherentes y no coherentes con alta eficiencia de potencia y de ancho de banda y método para ellos

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere, en general, a las comunicaciones de espectro ensanchado. Más específicamente, la presente invención se refiere a sistemas de espectro ensanchado híbrido, que utilizan operaciones tanto de secuencia directa como de salto de frecuencia

El documento US 2005/141594 A1 describe sistemas y métodos para sistemas de radio de espectro ensanchado híbrido. Un método incluye modular una señal utilizando un subconjunto de bits de un generador de código pseudo-aleatorio para controlar un circuito de amplificación que proporciona una ganancia a la señal. Otro método incluye: modular una señal utilizando un subconjunto de bits de un generador de código pseudo-aleatorio para controlar un sintetizador de frecuencia de salto rápido; y aplicar a la señal un salto de frecuencia rápido con el sintetizador de frecuencia de salto rápido, donde ocurren saltos de frecuencia múltiple dentro de un tiempo de un solo bit de datos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas de espectro ensanchado operan ensanchando el espectro de la señal de comunicaciones muy por encima del ancho de banda de la señal no ensanchada. La motivación para utilizar señales de espectro ensanchado se basa en los siguientes hechos: (1) Estos sistemas tienen la capacidad de rechazar una interferencia no intencionada interfiriendo señales de manera que se pueda comunicar información. (2) Las señales de espectro ensanchado minimizan la interferencia con usuarios que compiten puesto que la potencia transmitida está desplegada sobre un gran ancho de banda de frecuencia. (3) Puesto que estas señales no pueden ser fácilmente desmoduladas sin conocer el código y su sincronización precisa, se consigue la privacidad del mensaje. (4) El gran ancho de banda de las señales de espectro ensanchado proporciona tolerancia a la propagación de múltiples rutas. (5) El Un acceso múltiple o la capacidad de enviar muchas señales independientes sobre la misma banda de frecuencia es posible utilizando técnicas de espectro ensanchado. Los sistemas que emplean métodos de espectro ensanchado para comunicarse de una manera segura y sin interferencias son bien conocidos en el sector.

Los sistemas de espectro ensanchado pueden difundir una señal de comunicaciones utilizando métodos de secuencia directa o de salto de frecuencia. En un sistema de espectro ensanchado de secuencia directa, los bits de datos son modulados con una secuencia de ensanchamiento antes de su transmisión. Cada bit de información es modulado con una serie de chips de la frecuencia ensanchamiento. El número de chips por bit define la ganancia del procesamiento. Un mayor número de chips por bit crea una mayor inmunidad al ruido y a otra interferencia.

La banda ensanchada se consigue por medio de un código que es independiente de los datos, y se utiliza una recepción sincronizada con un código en el receptor para concentrar la señal entrante. En operación, una señal de datos es multiplicada por una secuencia de ruido pseudo-aleatorio (PN – Pseudo-random noise, en inglés) que tiene una velocidad de bits más rápida que la señal de datos para ser transmitida.

Antes de la aplicación del código de ensanchamiento al flujo de bits de información, los bits de información pueden sufrir una serie de operaciones digitales que aumentan más el rendimiento del sistema. Por ejemplo, los bits de información pueden sufrir una codificación diferencial con el fin de tolerar mejor un bloqueo de fase incorrecto en el bucle bloqueado en fase (PLL – Phase Locked Loop, en inglés) del receptor. Los bits de información pueden ser aleatorizados utilizando una larga secuencia de aleatorización con el fin de disminuir más la vulnerabilidad del sistema frente a una interceptación.

Una codificación de espectro ensanchado de secuencia directa puede utilizar codificación por desplazamiento de fase binaria (BPSK – Binary Phase Shift Keying, en inglés). En un sistema codificado por desplazamiento de fase, la información es transportada en la fase de la señal. Se utilizan dos fases diferentes para denotar dos valores digitales diferentes. Siempre que la secuencia cambia de un "1" a un "0" ó de un "0" a un "1", la fase de la señal cambia. Tal sistema se denomina un sistema de BPSK.

Otra forma del espectro ensanchado se denomina espectro ensanchado de salto de frecuencia, en el que la señal de la frecuencia de la portadora se mueve (salta) alrededor en la banda de una manera pseudo-aleatoria. El resultado es un aumento en el ancho de banda efectivo a lo largo del tiempo. Específicamente, en un sistema de espectro ensanchado de salto de frecuencia la frecuencia portadora es desplazada en incrementos discretos en un patrón generado por una secuencia de código. En tal sistema, la frecuencia de la señal permanece constante durante una duración de tiempo especificada, denominada un tiempo de salto. El sistema puede ser un sistema de salto rápido o un sistema de salto lento. En un sistema de salto rápido, el salto de frecuencia ocurre a la velocidad que es mayor que la velocidad de bits del mensaje. En un sistema de salto lento, la velocidad del salto es menor que la velocidad de bits del mensaje. Existe también una situación intermedia en la cual la velocidad del salto y la velocidad de bits del mensaje son del mismo orden de magnitud.

Los sistemas de espectro ensanchado híbrido, que utilizan tanto secuencia directa como salto de frecuencia para ensanchar el espectro original, vienen en diferentes formas y su operación está extensamente descrita en la literatura. Los sistemas de espectro ensanchado que utilizan múltiples portadores son también conocidos en la literatura. Lo que no aparece en ninguna parte de la literatura, sin embargo, es que la señal de salida de los sistemas de espectro ensanchado de múltiples portadores híbrido pueden tener una envoltura constante.

Puesto que un sistema de espectro ensanchado híbrido convencional no transmite una señal que tiene una envoltura constante, presenta carencias. Una carencia importante es una menor eficiencia energética, puesto que un amplificador de alta potencia no puede operar eficientemente cuando la señal de entrada no tiene una envoltura constante. Otra carencia de tal sistema es su baja eficiencia de ancho de banda, puesto que la manera común de incrementar los rendimientos es aumentar el ancho de banda.

La presente invención se dirige a sistemas y métodos para generar señales de espectro ensanchado híbrido, que utilizan tanto secuencia directa como salto de frecuencia, que tienen envolturas constantes.

COMPENDIO DE LA INVENCION

Para cubrir ésta y otras necesidades, y con vistas a sus propósitos, la presente invención proporciona un sistema de espectro ensanchado híbrido. El sistema incluye un combinador de señal para (a) recibir una pluralidad de señales de datos codificados de espectro ensanchado y (b) formar una pluralidad de señales combinadas. Un primer conjunto de mezcladores se incluye para (a) recibir la pluralidad de señales combinadas y al menos dos portadores, y (b) formar al menos una señal de envoltura constante de dos portadores. Un segundo conjunto de mezcladores se incluye también para (a) recibir la señal de envoltura constante de al menos dos portadores y una señal de salto de transmisor y (b) formar una señal de espectro ensanchado híbrido. Las señales combinadas incluyen (a)

$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)]$ y (b) $[s_2(t) + s_3(t)]$, donde $s_i(t)$ son tres señales de datos codificados de espectro ensanchado separadas. La señal de salto de transmisor es una secuencia de tonos que tiene (a) una duración T_c , donde T_c es la duración de un chip, y (b) frecuencias f_n tomadas de un conjunto de 2^k valores, donde k es un número de bits de una secuencia de ruido pseudo-aleatorio (PRN – Pseudo-Random Noise, en inglés).

La señal de envoltura constante de dos portadores incluye un primer portador modulado por $[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)]$ y un segundo portador modulado por $[s_2(t) + s_3(t)]$. Las $s_i(t)$ son tres señales de datos codificados de espectro ensanchado separadas. El primer conjunto de mezcladores recibe al menos tres portadores y forma al menos una señal de envoltura constante de al menos tres portadores, y el segundo conjunto de mezcladores recibe la señal de envoltura constante de al menos tres portadores y forma la señal de espectro ensanchado híbrido. El segundo conjunto de mezcladores incluye un sumador para combinar señales extraídas por el segundo conjunto de mezcladores, y un filtro de paso alto (HPF – High Pass Filter, en inglés) Para (a) recibir una señal del sumador y (b) producir una sola banda lateral de la señal de espectro ensanchado híbrido.

Otra realización de la invención es un sistema de espectro ensanchado híbrido que tiene una pluralidad de moduladores de codificación por desplazamiento de frecuencia (FSK – Frequency Shift Keying, en inglés) para formar al menos dos portadores modulados mediante FSK. Un primer conjunto de mezcladores se incluye para (a) recibir los al menos dos portadores modulados mediante FSK y una pluralidad de códigos de PRN, y (b) formar al menos dos portadores de ensanchamiento directo. Un segundo conjunto de mezcladores se incluye también para (a) recibir los al menos dos portadores de ensanchamiento directo y una señal de salto de transmisor, y (b) formar una señal de espectro ensanchado híbrido que tenga una envoltura constante. La pluralidad de códigos de PRN incluye

(a) $[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$ y (b) $[c_2(t) + c_3(t)]$, donde $c_i(t)$ son tres códigos de PRN separados. La señal de salto de transmisor es una secuencia de tonos que tiene (a) una duración T_c , donde T_c es la duración de un chip, y

(b) frecuencias f_n tomadas de un conjunto de 2^k valores, donde k es un número de bits de una secuencia de PRN. Los al menos dos portadores de ensanchamiento directo incluyen un primer portador modulado mediante

$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$ y un segundo portador modulado mediante $[c_2(t) + c_3(t)]$, donde $c_i(t)$ son tres códigos de PRN separados. El segundo conjunto de mezcladores incluye un sumador para combinar señales extraídas por el segundo conjunto de mezcladores, y una HPF para (a) recibir una señal del sumador y (b) producir una sola banda lateral de la señal de espectro ensanchado híbrido.

Otra realización más de la presente invención es un método para transmitir una señal de espectro ensanchado híbrido. El método incluye las etapas de: (a) formar al menos dos portadores modulados mediante PSK; (b) (i) recibir los al menos dos portadores modulados mediante FSK y una pluralidad de códigos de PRN, e (ii) formar al menos dos portadores de ensanchamiento directo y (c) (i) recibir los al menos dos portadores de ensanchamiento directo y una señal de salto de transmisor, e (ii) formar una señal de espectro ensanchado híbrido que tiene una envoltura constante. La pluralidad de códigos de PRN incluye (i) $[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$ y (ii) $[c_2(t) + c_3(t)]$, donde

$c_i(t)$ son tres códigos de PRN separados. La señal de salto de transmisor es una secuencia de tonos que tiene (i) duración T_c , donde T_c es la duración de un chip, e (ii) frecuencias f_n tomadas de un conjunto de 2^k valores, donde k es un número de bits de una secuencia de PRN. Los al menos dos portadores de ensanchamiento directo incluyen un primer portador modulado mediante $[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$ y un segundo portador modulado mediante $[c_2(t) + c_3(t)]$, donde $c_i(t)$ son tres códigos de PRN separados.

El método incluye también las etapas de: (d) filtrar en paso alto la señal de espectro ensanchado híbrido que tiene la envoltura constante, y (e) transmitir la señal de espectro ensanchado híbrido filtrada en paso alto de la etapa (d).

Se comprende que la descripción general anterior y la descripción detallada que sigue son a modo de ejemplo, pero no son restrictivas, de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La invención se comprende mejor a partir de la siguiente descripción detallada que sigue, cuando se lee junto con las figuras que se acompañan.

La FIGURA 1 es un diagrama de bloques de un sistema de salto de frecuencia / secuencia directa (FH / DS – Frequency Hopping / Direct Sequence, en inglés) híbrido coherente para generar una señal de FH/DS, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIGURA 2A es un gráfico de amplitud en función de tiempo para la señal de salida generada por el sistema de la FIGURA 1.

La FIGURA 2B es un gráfico de potencia en función de la frecuencia de la señal de salida generada por el sistema mostrado en la FIGURA 1.

La FIGURA 3 es un diagrama de bloques de un sistema de salto de frecuencia / secuencia directa (FH / DS – Frequency Hopping / Direct Sequence, en inglés) híbrido coherente para generar una señal de FH/DS, de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La FIGURA 4A es un gráfico de amplitud en función del tiempo para la señal de salida generada por el sistema de la FIGURA 3.

La FIGURA 4B es un gráfico de espectro de potencia en función de la frecuencia de la señal de salida generada por el sistema mostrado en la FIGURA 3.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención es un sistema de espectro ensanchado híbrido, que utiliza técnicas tanto de secuencia directa como de salto de frecuencia. La presente invención tiene las propiedades de resistencia frente a múltiples rutas y a interferencia de los sistemas convencionales similares, pero supera sus carencias mediante el uso de un nuevo método para combinar los códigos de ensanchamiento, y el uso de múltiples portadores que saltan simultáneamente. La disposición de códigos que ensanchan los portadores de salto es tal que produce una señal de salida compuesta con una envoltura constante. Esto hace que la presente invención sea eficiente en potencia, puesto que pueden operarse amplificadores de alta potencia en su modo óptimo, es decir, cerca del punto de 1 dB (saturación).

Además, puesto que múltiples portadores saltan simultáneamente, el rendimiento del sistema mejora en comparación con los sistemas de salto de un solo portador. Cada uno de los portadores puede ser modulado separadamente mediante un flujo de datos independiente, o un flujo de datos de alta velocidad puede ser inversamente multiplexado en varios portadores. Además, pueden utilizarse múltiples portadores para combatir las múltiples rutas y las interferencias, puesto que la redundancia en la transmisión puede conseguirse repitiendo la misma información en dos o más portadores. Finalmente, la propiedad de una sola banda lateral del sistema incluida en la presente invención consigue una alta eficiencia del ancho de banda.

Como se explicará, la presente invención incluye sistemas coherentes y no coherentes. Ambos sistemas utilizan una combinación de frecuencia directa y de salto de frecuencia para el ensanchamiento del portador, pero difieren en la manera en la cual los datos modulan los portadores. En un sistema de BPSK (o DPSK), la desmodulación tiene que ser coherente, pero en un sistema de FSK, los datos pueden ser desmodulados de manera no coherente, lo que es una gran ventaja en los sistemas inalámbricos.

En referencia a la FIGURA 1, se muestra un sistema de salto de frecuencia / secuencia directa (FH/DS – Frequency Hopping / Direct Sequence, en inglés) híbrido coherente para generar una señal de FH/DS, estando el sistema híbrido en general designado como 10. Como se muestra, dos portadores están saltando simultáneamente. Los portadores están modulados con tres flujos de datos, que pueden originarse a partir de fuentes independientes o ser el resultado de la multiplexación de una sola fuente de alta velocidad de datos.

Resultará evidente que la señal generada por el sistema híbrido de la FIGURA 1 es a modo de ejemplo y se proporciona para ilustrar el concepto. El sistema puede ser fácilmente extendido para incluir más de dos portadores y más de tres flujos de datos.

5 El presente inventor en la Solicitud de U.S. Nº 11/067.148, presentada el 25 de Febrero de 2005, describe la generación de una señal de envoltura constante de dos portadores. La descripción del sistema y método de generar esta señal de envoltura constante de dos portadores se incorpora en esta memoria con referencia a toda ella.

10 Como se describe en la Solicitud de U.S. mencionada anteriormente, considérese una señal de envoltura constante de dos portadores, tal como:

$$z(t) = \sqrt{2P} [s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)] \cos \omega_{01}t + \sqrt{2P} [s_2(t) + s_3(t)] \cos \omega_{02}t \quad (1)$$

donde P es la potencia de la señal, y

$$\begin{aligned} s_1(t) &= d_1'(t) c_1(t) \\ s_2(t) &= d_2'(t) c_2(t) \\ s_3(t) &= d_3'(t) c_3(t) \end{aligned} \quad (2)$$

Las señales $d_i'(t)$ se obtienen codificando diferencialmente las secuencias de datos $d_i(t)$.

20 La codificación diferencial, no obstante, no es necesaria para la presente invención. Las señales $c_i(t)$ son secuencias pseudo-aleatorias (PRN) con velocidades mucho mayores que las velocidades de $d_i(t)$, así que actúan como códigos de ensanchamiento. Las señales tanto de datos como PRN toman valores de ± 1 .

25 Para producir la señal de RF de salida, se utiliza $z(t)$ para modular la señal de salto de transmisor, que es una secuencia de tonos de duración T_c como sigue:

$$h_r(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} 2p(t - nT_c) \cos 2\pi f_n t \quad (4)$$

30 La frecuencia f_n se toma de un conjunto de 2^k valores, donde k es el número de bits de la secuencia de PRN que se toman al mismo tiempo para determinar el valor de la frecuencia de salto actual. El impulso $p(t)$ tiene una amplitud de unidad en $0 \leq t \leq T_c$, donde T_c es la duración de chip.

Por lo tanto, la señal de salida es

$$s(t) = \sqrt{2P} \sum_{n=-\infty}^{\infty} p(t - nT_c) \{ [s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)] \cos(\omega_{01} + \omega_n)t + [s_2(t) + s_3(t)] \cos(\omega_{02} + \omega_n)t \} \quad (5)$$

35 En referencia de nuevo a la FIGURA 1, el sistema híbrido coherente 10 incluye codificadores diferenciales 11a, 11b y 11c para codificar diferencialmente secuencias de datos $d_i'(t)$ para producir la señal $d_i'(t)$. (En otra realización (no mostrada), los codificadores diferenciados no se utilizan.) Los mezcladores 12a, 12b y 12c, multiplican cada uno $d_i'(t)$ con $c_i(t)$, siendo $c_i(t)$ secuencias de PRN, para producir las señales $s_i(t)$.

El combinador de señales 14, que también incluye funciones de multiplicador, recibe las $s_i(t)$ señales y produce las siguientes dos señales combinadas:

$$45 \quad s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)$$

y

$$s_2(t) + s_3(t)$$

50

Cada señal combinada es a continuación multiplicada, utilizando los respectivos mezcladores 15a y 15b, mediante un portador correspondiente, $\cos \omega_{01}t$ y $\cos \omega_{02}t$ (donde $\omega = 2\pi f$) para producir dos portadores modulados, como se muestra.

5 A continuación, los dos portadores modulados con multiplicados, utilizando los respectivos mezcladores 15c y 15d, mediante la señal de salto de transmisor $h_T(t)$ (Ecuación 4). El generador de código de salto de frecuencia 19 y el sintetizador de frecuencia 18 producen la señal de salto. El sumador 16 y el filtro de paso alto (HPF – High Pass Filter, en inglés) 17, que son insertados en serie en el sistema 10, producen la señal de salida $s(t)$ final (Ecuación 5). Resultará evidente que la señal de salida $s(t)$ puede ser transmitida a través de una antena (no mostrada).

10 La frecuencia de la suma se hace pasar a través de un filtro de paso alto (HPF – High Pass Filter, en inglés) de transmisión. La señal de la Ecuación (5) es una señal de frecuencia directa / salto de frecuencia espectro ensanchado (DS/FH-SS – Direct Sequence / Frequency Hopping – Spread Spectrum, en inglés) híbrido. Es decir, dos portadores de ensanchamiento de secuencia directa a las frecuencias $f_{01} + f_n$ y $f_{02} + f_n$ saltan simultáneamente.

Además, la señal $s(t)$ tiene una envoltura constante, porque

$$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)]^2 + [s_2(t) + s_3(t)]^2 = const \quad (6)$$

20 y

$$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)][s_2(t) + s_3(t)] = 0 \quad (7)$$

25 La señal, que es generada utilizando el sistema mostrado en la FIGURA 1, y su espectro se muestran en las FIGURAS 2A y 2B, respectivamente. En este ejemplo, el número de frecuencias de salto es 100; el intervalo de salto es de 40 a 70 MHz; las frecuencias desfasadas fijas f_{01} y f_{02} , están separadas 5 MHz; las modulaciones de ensanchamiento de datos y de secuencia directas son BPSK. Las secuencias de ensanchamiento de salto y directas no necesitan ser sincronizadas. La señal tiene una envoltura constante.

30 Cuando la señal generada por el sistema de la FIGURA 1, es decir, $s(t)$, es transmitida y recibida por un receptor (no mostrado), puede ser desmodulada por cualquier receptor de espectro de ensanchamiento convencional, incluyendo un concentrador y un desmodulador. El desmodulador, por supuesto, debe ser un desmodulador coherente.

35 Una desventaja de utilizar la señal $s(t)$ mostrada en la FIGURA 1 es que requiere una desmodulación coherente, lo que es difícil de conseguir en los sistemas de salto de frecuencia. Por lo tanto, la presente invención también proporciona un sistema y método para generar señales que pueden ser desmoduladas de manera no coherente, pero que también son de un tipo FH/DS híbrido y tienen una envoltura constante.

40 Un sistema de FH/DS híbrido no coherente de ejemplo se muestra en la FIGURA 3, y se designa de manera general como 30. En el ejemplo del sistema 30, la modulación de datos es FSK binaria y se utilizan dos flujos de datos independientes para modular dos portadores que saltan a la vez. El método, no obstante, puede ser expandido para FSK de múltiples niveles para lograr un mayor rendimiento; y para múltiples flujos de datos independientes que modulan múltiples portadores que saltan simultáneamente para un mayor aumento en la capacidad de información.

45 Además, en lugar de flujos de datos independientes, puede utilizarse una secuencia de datos de alta velocidad multiplexados inversamente para modular los portadores de salto.

Por ejemplo, considérense los siguientes portadores modulados mediante BFSK:

$$50 \quad x(t) = \sqrt{2P} \cos 2\pi [f_{01} + d_1(t)\Delta]t \quad (8)$$

y

$$55 \quad y(t) = \sqrt{2P} \cos 2\pi [f_{02} + d_2(t)\Delta]t \quad (9)$$

donde

f_{01} y f_{02} son frecuencias centrales de FSK fijas;

$d_1(t)$ y $d_2(t)$ son señales de datos que toman valores ± 1 ;

5 $\Delta = \frac{1}{2T}$ es un medio de la distancia entre las señales de BFSK ortogonales; y

T es la duración de un bit de datos.

10 Por simplicidad, se asume que las dos señales de datos tienen la misma velocidad, pero eso no se requiere para la operación del método y, en general, las velocidades pueden ser diferentes y no tienen que ser conmensurables.

Utilizando combinaciones de códigos de PRN $c_1(t)$, $c_2(t)$ y $c_3(t)$, la presente invención ensancha de manera directa los portadores de las ecuaciones (8) y (9) a

15
$$u(t) = \sqrt{2P} [c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)] \cos 2\pi [f_{01} + d_1(t)\Delta]t \quad (10)$$

y

20
$$v(t) = \sqrt{2P} [c_2(t) + c_3(t)] \cos 2\pi [f_{02} + d_2(t)\Delta]t \quad (11)$$

Las señales $u(t)$ y $v(t)$ mostradas en las Ecuaciones (10) y (11) están cada una también ensanchadas mediante la secuencia de salto de transmisor de la Ecuación (4), y combinadas a continuación en una señal compuesta. Los componentes de la suma de la frecuencia de la señal compuesta se pasan a la antena a través del filtro de paso alto (HPF – High Pass Filter, en inglés). Toda la señal de salida viene dada por

25
$$s(t) = \sqrt{2P} \sum_{n=-\infty}^{\infty} p(t-nT_c) \{ [c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)] \cos 2\pi [f_n + f_{01} + d_1(t)\Delta]t + [c_2(t) + c_3(t)] \cos 2\pi [f_n + f_{02} + d_2(t)\Delta]t \} \quad (12)$$

30 En referencia también a la FIGURA 3, un sistema híbrido no coherente 30 incluye moduladores de FSK 31a y 31b para modular señales de portador con las señales de datos. Como se muestra, los moduladores de FSK proporcionan señales salida $x(t)$ e $y(t)$.

Los mezcladores 32a y 32b multiplican $x(t)$ e $y(t)$, respectivamente, con combinaciones de códigos de PRN, a saber,

35
$$c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t),$$

y

$$c_2(t) + c_3(t)$$

40 para producir $u(t)$ y $v(t)$, como se muestra. Se comprenderá que las combinaciones de códigos de PRN son producidas por un combinador de señal, que puede ser similar al combinador de señales 14 mostrado en la FIGURA 1.

45 A continuación, los mezcladores 32c y 32d multiplican las señales $u(t)$ y $v(t)$, respectivamente, con la señal de salto de transmisor $h_T(t)$. Similar al sistema 10, la señal de salto de transmisor es producida por el generador de código de FH 37 y el sintetizador de frecuencia 36. Finalmente, el sumador 34 y el HPF 35 combinan y filtran, respectivamente, las señales a la salida $s(t)$ (Ecuación 12). La señal de salida $s(t)$ puede ser transmitida por medio de una antena (no mostrada),

50 La señal $s(t)$, que es generada por un sistema híbrido no coherente 30, puede ser desmodulada mediante cualquier receptor convencional. La detección coherente, por supuesto, no es necesaria.

La señal generada por el sistema híbrido 30, así como su espectro se muestran en las FIGURAS 4A y 4B, respectivamente. En este ejemplo, el número de frecuencias de salto es 1000; el intervalo de salto es de 40 a 70 MHz; las frecuencias de desfase fijas f_{01} y f_{02} están separadas 5 MHz; la modulación de datos es BFSK; el

ensanchamiento de secuencia directa de salto y los datos no están sincronizados. Como se muestra en la FIGURA 4A, la señal $s(t)$ tiene una envoltura constante.

5 La presente invención es aplicable a todos los sistemas de espectro ensanchado de salto de frecuencia en los cuales se desea un mayor rendimiento, pero el cambio a esquemas de modulación de múltiples niveles (por ejemplo MFSK) no es una buena opción debido a las características del canal. Aunque el esquema es de múltiples portadores, la propiedad de envoltura constante de los sistemas de salto de frecuencia de un solo portador se mantiene, lo que significa que la presente invención produce sistemas eficientes en energía. La invención es, por lo tanto, especialmente aplicable a sistemas de telefonía móvil y portátiles en los que la conservación de la potencia de batería es de especial importancia. Además, la señal de salida generada por la presente invención es esencialmente de una sola banda lateral, haciendo que el esquema sea eficiente en ancho de banda. Esto hace a la presente invención aplicable a situaciones en las que el espectro disponible tiene que ser compartido por muchos sistemas inalámbricos diferentes.

15

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de espectro ensanchado híbrido (10) que comprende:

5 un combinador de señales (14) para recibir una pluralidad de señales de datos codificados de espectro ensanchado de secuencia directa ($s_i(t)$) y formar una pluralidad de señales combinadas,

caracterizado por:

10 un primer conjunto de mezcladores (15a, 15b) para recibir la pluralidad de señales combinadas y al menos dos portadores, y formar al menos una señal de envoltura constante de dos portadores,
un segundo conjunto de mezcladores (15c, 15d) para recibir la al menos una señal de envoltura constante de dos portadores y una señal de salto de transmisor y formar una señal de espectro ensanchado híbrido, y las señales combinadas incluyen

a)

$$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)]$$

20 y

b)

$$[s_2(t) + s_3(t)],$$

donde $s_i(t)$ son tres señales de datos codificados de espectro ensanchado separadas;

los dos portadores incluyen f_{01} y f_{02} ,

30 donde el primer portador está modulado mediante

$$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)]$$

y el segundo portador está modulado mediante

35

$$[s_2(t) + s_3(t)];$$

y

40 la señal de salto de transmisor incluye una secuencia de tonos que tiene

i) duración T_c , donde T_c es la duración de un chip, y

ii) frecuencias f_n tomadas de un conjunto de 2^k valores, donde k es un número de bits de una secuencia de ruido pseudo-aleatorio, PRN; y

45

el segundo conjunto de mezcladores incluye un sumador para sumar señales para formar la señal de espectro ensanchado híbrido.

2. El sistema de espectro ensanchado híbrido de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de señales de datos codificados de espectro ensanchado incluye secuencias de datos codificados diferencialmente modulados mediante secuencia de PRN con velocidades mayores que las velocidades de las secuencias de datos codificados.

50

3. El sistema de espectro ensanchado híbrido de la reivindicación 1, en el que

55

$$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)]^2 + [s_2(t) + s_3(t)]^2 = \text{constante}$$

y

$$[s_1(t) - s_1(t)s_2(t)s_3(t)] [s_2(t) + s_3(t)] = 0$$

para formar una señal de envoltura constante para la señal de espectro ensanchado híbrido.

- 5 4. Un sistema de espectro ensanchado híbrido que comprende una pluralidad de moduladores de codificación por desplazamiento de frecuencia, FSK, (31a, 31b) para formar al menos dos portadores modulados mediante FSK (x(t), y(t)), **caracterizado por:**

10 un primer conjunto de mezcladores (32a, 32b) para recibir los al menos dos portadores modulados mediante FSK y una pluralidad de códigos de PRN, y formar al menos dos portadores de ensanchamiento directo, un segundo conjunto de mezcladores (32c, 32d) para recibir los al menos dos portadores de ensanchamiento directo y una señal de salto de transmisor, y formar una señal de espectro ensanchado híbrido que tiene una envoltura constante, y
15 la pluralidad de códigos de PRN incluye

a)

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$$

20

y

25

b)

$$[c_2(t) + c_3(t)],$$

donde $c_i(t)$ son tres códigos de PRN separados;

30

la señal de salto de transmisor es una secuencia de tonos que tienen una duración T_c , donde T_c es la duración de un chip, y frecuencias f_n tomadas de un conjunto de 2^k valores, donde k es un número de bits de una secuencia de PRN; y

35

donde el primer portador está modulado mediante

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$$

40

y el segundo portador está modulado mediante

$$[c_2(t) + c_3(t)].$$

45 5. El sistema de espectro ensanchado híbrido (10, 30) de la reivindicación 4, en el que el segundo conjunto de mezcladores (15c, 15d; 32c, 32d) incluye un sumador (16; 34) para combinar señales extraídas por el segundo conjunto de mezcladores (15c, 15d; 32c, 32d), y un filtro de paso alto, HPF, (17, 35) para recibir una señal desde el sumador y producir una sola banda lateral de la señal espectro ensanchado híbrido.

50

6. El sistema de espectro ensanchado híbrido de la reivindicación 4, en el que

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]^2 + [c_2(t) + c_3(t)]^2 = \text{constante},$$

y

55

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)] [c_2(t) + c_3(t)] = 0$$

para formar la señal de espectro ensanchado híbrido que tiene la envoltura constante.

7. El sistema de espectro ensanchado híbrido de la reivindicación 4, en el que el primer conjunto de mezcladores forma los siguientes dos portadores de ensanchamiento directo:

$$u(t) = \sqrt{2P} [c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)] \cos 2\pi [f_{01} + d_1(t)\Delta]t$$

5 y

$$v(t) = \sqrt{2P} [c_2(t) + c_3(t)] \cos 2\pi [f_{02} + d_2(t)\Delta]t$$

10 donde

f_{01} y f_{02} son frecuencias de centro de FSK fijas;

$d_1(t)$ y $d_2(t)$ son señales de datos que tomar los valores ± 1 ;

15

$\Delta = \frac{1}{2T}$ es un medio de la distancia entre señales de BFSK ortogonales; y

T es la duración de un bit de datos.

20 8. Un método para transmitir una señal de espectro ensanchado híbrido que comprende las etapas de:

a) formar al menos dos portadores modulados mediante FSK;

caracterizado por:

25

b)

i) recibir los al menos dos portadores modulados mediante FSK y una pluralidad de códigos de PRN,

30

y
ii) formar al menos dos portadores de espectro ensanchado directo, y

c)

i) recibir los al menos dos portadores de ensanchamiento directo y una señal de salto de transmisor,

35

y
ii) formar una señal de espectro ensanchado híbrido que tiene una envoltura constante;

donde la pluralidad de códigos de PRN incluye

40

i) $[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$

y

45

ii) $[c_2(t) + c_3(t)]$;

50 donde $c_i(t)$ son tres códigos de PRN separados; en el que la señal de salto de transmisor es una secuencia de tonos que tiene

i) duración T_c , donde T_c es una duración de chip, y

ii) frecuencias f_n tomadas de un conjunto de 2^k valores, donde k es un número de bits de una secuencia de PRN;

55

el primer portador está modulado mediante

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]$$

y el segundo portador está modulado mediante

5

$$[c_2(t) + c_3(t)];$$

y

10

- d) filtrar en paso alto la señal de espectro ensanchado híbrido que tiene la sistema, y
 e) transmitir la señal de espectro ensanchado híbrido filtrada en paso alto de la etapa d).

9. El método de la reivindicación 8, en el que

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)]^2 + [c_2(t) + c_3(t)]^2 = \text{constante},$$

15 y

$$[c_1(t) - c_1(t)c_2(t)c_3(t)] [c_2(t) + c_3(t)] = 0$$

20

para formar la señal de espectro ensanchado híbrido que tiene la envoltura constante.

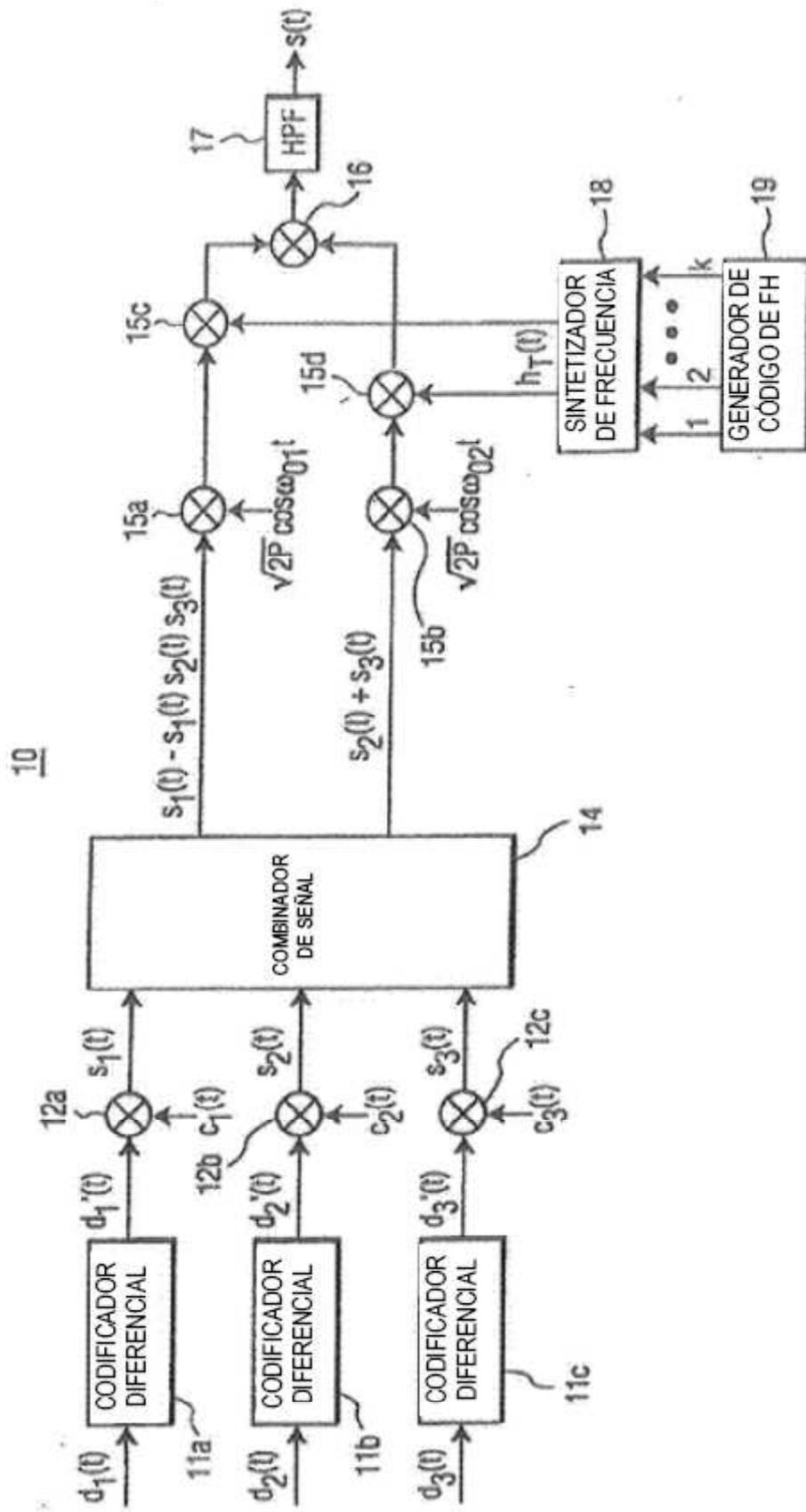


FIG. 1

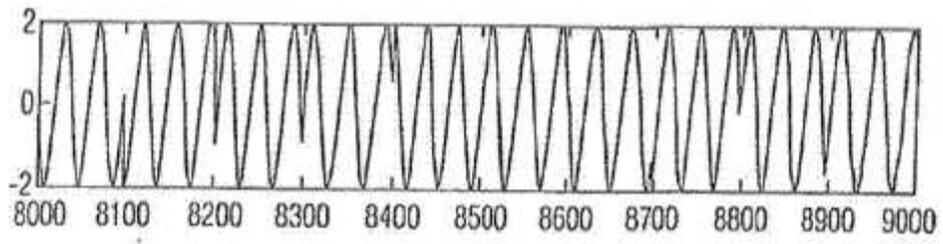


FIG. 2A

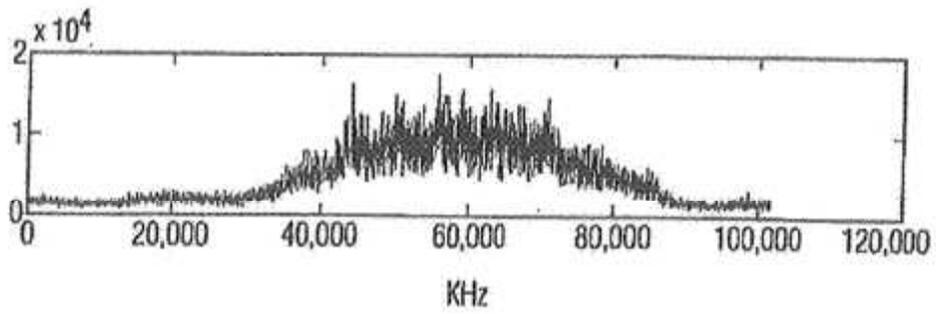


FIG. 2B

30

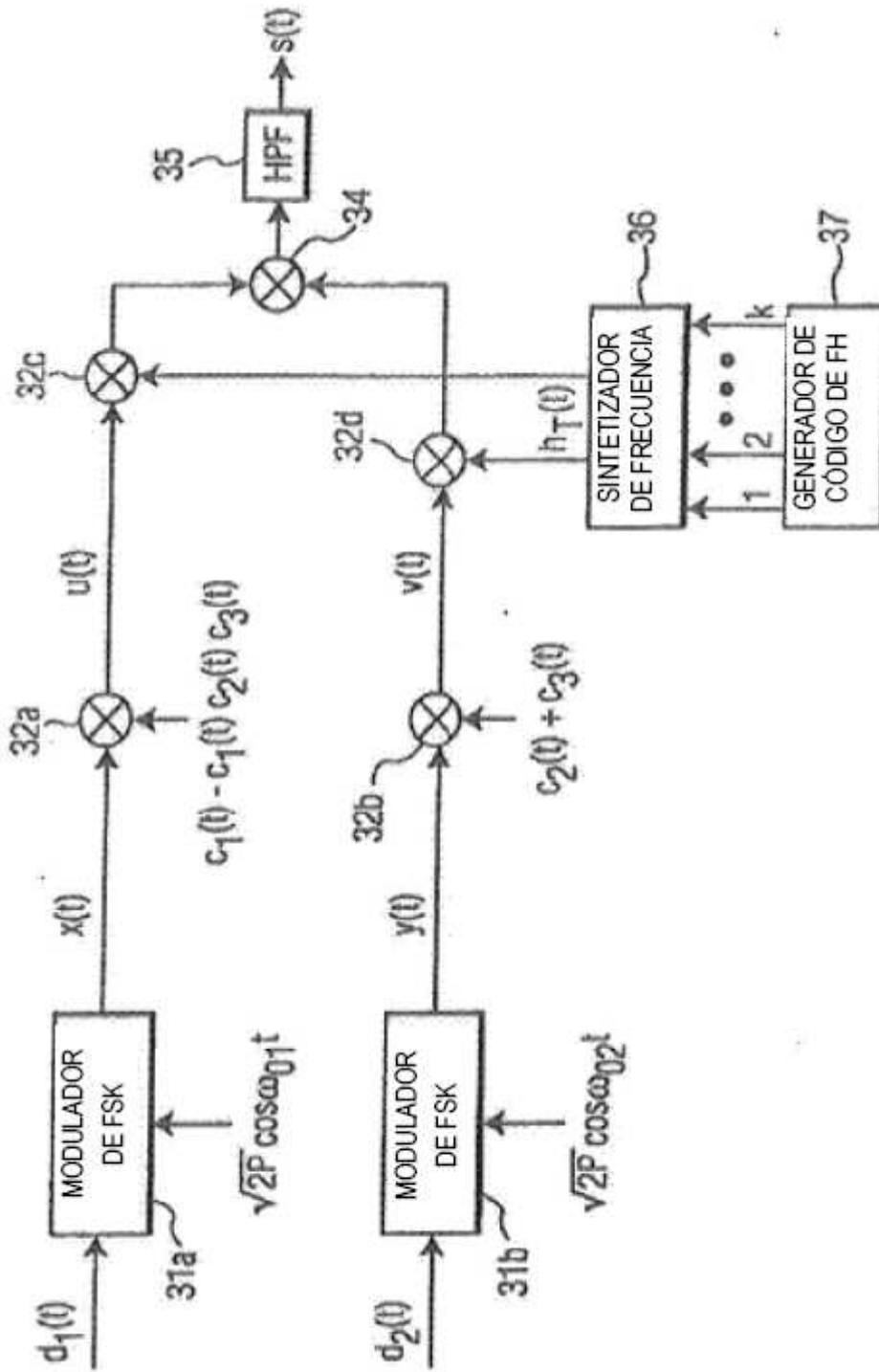


FIG. 3

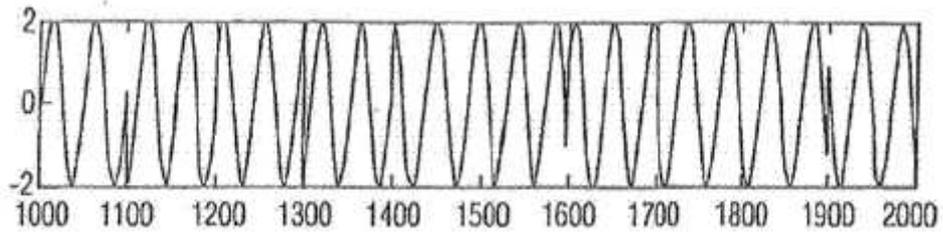


FIG. 4A

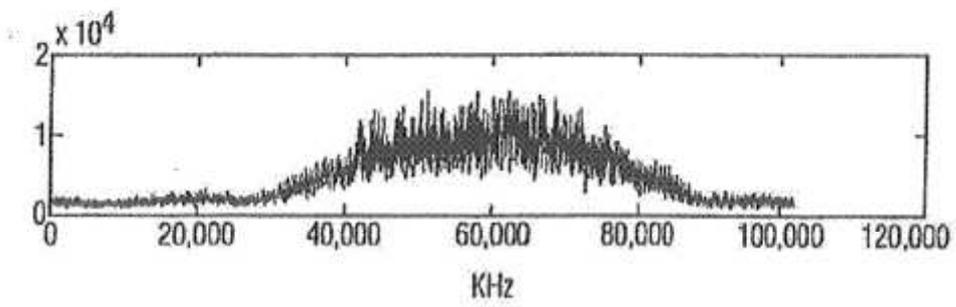


FIG. 4B