

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 882**

51 Int. Cl.:

H04B 7/204 (2006.01)

H04B 7/208 (2006.01)

H04B 7/212 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2005 PCT/US2005/018566**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2005 WO05119922**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2005 E 05754373 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 1751890**

54 Título: **Estructura de preámbulo modificado para ampliaciones del IEEE802.11A para permitir la coexistencia e interoperabilidad entre dispositivos 802.11A y dispositivos con mayor tasa de transmisión de datos, MIMO o con otro tipo de ampliaciones**

30 Prioridad:

27.05.2004 US 575608 P

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

12.07.2017

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 MOREHOUSE DRIVE, AF-210R
SAN DIEGO CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**VAN ZELST, ALBERT;
JONES, VINCENT, K. y
VAN NEE, RICHARD, D., J.**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 623 882 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

Estructura de preámbulo modificado para ampliaciones del IEEE 802.11A para permitir la coexistencia e interoperabilidad entre dispositivos 802.11A y dispositivos con mayor tasa de transmisión de datos, MIMO o con otro tipo de ampliaciones

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0001] El estándar IEEE 802.11a define tasas de datos desde 6 Mb/s (megabits por segundo) hasta 54 Mb/s. Para algunas aplicaciones, resultan deseables velocidades de transmisión de datos más altas para modulaciones dadas y velocidades de transmisión de datos superiores a 54 Mb/s. Otras ampliaciones, como la utilización de sistemas de antenas MIMO (siglas en inglés de “múltiples entradas, múltiples salidas”) y otras ampliaciones podrían resultar deseables. Para evitar conflictos con las comunicaciones y dispositivos estandarizados existentes, tanto los dispositivos ampliados que van más allá de los límites del estándar 802.11a como los dispositivos heredados que cumplen con el estándar existente y no tienen constancia necesariamente de los estándares ampliados deben coexistir en un espacio de comunicación común e incluso, en ocasiones, interoperar.

[0002] La coexistencia se produce cuando dispositivos diferentes pueden operar en un espacio común y seguir llevando a cabo la mayoría de sus funciones. Por ejemplo, un transmisor ampliado que transmite para un receptor ampliado podría coexistir con un transmisor heredado que transmite para un receptor heredado y los dispositivos ampliados se pueden comunicar mientras los dispositivos heredados se comunican; o al menos cuando los dos dominios son tales que uno aplaza en favor del otro cuando el otro está comunicándose. La coexistencia es importante para que la adopción y/o utilización de dispositivos ampliados (es decir, dispositivos que quedan fuera de uno o más estándares, o los superan o incumplen, a los que los dispositivos heredados se adhieren y a los que esperan que otros dispositivos también lo hagan) no requiera la sustitución o desactivación de infraestructuras existentes de los dispositivos heredados.

[0003] La interoperabilidad se logra cuando un dispositivo ampliado y un dispositivo heredado se pueden comunicar. Por ejemplo, un transmisor ampliado podría iniciar una transmisión de manera que un dispositivo heredado pueda recibir los datos enviados por el transmisor ampliado y/o indicar que se trata de un dispositivo heredado para que el transmisor ampliado pueda ajustar sus operaciones de manera correspondiente. Por ejemplo, el transmisor ampliado podría volver a unas comunicaciones que cumplan los estándares o cambiar a un modo que, aunque no cumpla totalmente los estándares, esté disponible para el receptor heredado. En otra situación, un receptor ampliado podría recibir satisfactoriamente datos procedentes de un transmisor heredado.

[0004] El estándar IEEE 802,11a define un preámbulo de 20 microsegundos de duración con una estructura como la que se muestra en la fig. 1, provista de unos símbolos de entrenamiento cortos S (0,8 microsegundos cada uno), un intervalo de guarda LG, unos símbolos de entrenamiento largos L (3,2 microsegundos cada uno) y un campo de señal (4 microsegundos). El preámbulo va seguido de datos. Los primeros ocho microsegundos comprenden diez símbolos de entrenamiento cortos idénticos que se utilizan para la detección de paquetes, el control de ganancia automático y la estimación aproximada de la frecuencia. Los segundos ocho microsegundos comprenden dos símbolos de entrenamiento largos idénticos, L, precedidos por un intervalo de guarda LG que presenta el mismo patrón que la última mitad (1,6 microsegundos) del símbolo de entrenamiento largo L. Los símbolos de entrenamiento largos se pueden utilizar para la estimación de canales, la temporización y la estimación precisa de la frecuencia.

[0005] La fig. 2 muestra una secuencia de entrenamiento larga, L_1 , que se utiliza para generar la señal que representa el símbolo de entrenamiento largo en un preámbulo del 802.11a convencional. Esta secuencia representa valores utilizados a lo largo de una pluralidad de subportadoras. Tal como se especifica en el estándar, las subportadoras abarcan un canal de 20 MHz y con 64 subportadoras, están separadas por 312,5 kHz. Por convención, aquí empleada, el primer valor de la secuencia es el valor para la subportadora DC, seguido por el valor para la subportadora de $1 \times 312,5$ kHz, después el valor para la subportadora de $2 \times 312,5 = 625$ kHz, etc., hasta el valor $32.^{\circ}$ para la subportadora de $31 \times 312,5$ kHz = 9687,5 kHz. El valor $33.^{\circ}$ corresponde a la subportadora de -10 MHz, seguido por la subportadora de $-(10 \text{ MHz} - 312,5 \text{ kHz})$, y así consecutivamente, correspondiendo el valor 64 a la subportadora de -312,5 kHz.

[0006] Como puede observarse en la fig. 1, el valor DC y los valores $28.^{\circ}$ a $38.^{\circ}$, correspondientes a los bordes del canal de 20 MHz, son cero. La salida de un transmisor es un símbolo de entrenamiento a una tasa de muestreo de 64 muestras/símbolo. Las muestras se obtienen tomando una IFFT (sigla en inglés de transformada de

Fourier rápida inversa) de 64 puntos de la secuencia de entrenamiento larga, L_1 en este ejemplo. Tal como se utiliza en la presente memoria, una secuencia en el dominio de frecuencias se expresa con letras mayúsculas (por ejemplo, $L(k)$), mientras que la secuencia temporal correspondiente se expresa con letras minúsculas (por ejemplo, $l(k)$).

5 **[0007]** Una estrategia para obtener tasas de datos más elevadas es la utilización de más ancho de banda. Otra estrategia, utilizada exclusivamente o además de la utilización de más ancho de banda, consiste en los canales MIMO (siglas en inglés de múltiples entradas-múltiples salidas), en los que una pluralidad de transmisores transmiten diferentes datos o los mismos datos separados por un espacio para dar lugar a unas características de reflexión multitrayecto posiblemente diferentes. En cualquiera de ambos casos, es necesario prestar especial
10 atención para lograr la coexistencia y la interoperabilidad entre dispositivos heredados y dispositivos ampliados.

[0008] En el documento WO 2005/006700, se describen procedimientos y aparatos para transmitir símbolos en un sistema según una estructura de cuadros, de manera que los símbolos pueden ser interpretados por un receptor de orden más bajo (es decir, un receptor con un menor número de antenas que el transmisor). La estructura
15 de cuadros descrita comprende un preámbulo heredado con al menos un símbolo de entrenamiento largo y $N-1$ símbolos de entrenamiento largos adicionales que se transmiten en cada una de N antenas transmisoras. El preámbulo heredado puede ser, por ejemplo, un preámbulo del 802.11 a/g que incluye al menos un símbolo de entrenamiento corto, al menos un símbolo de entrenamiento largo y al menos un campo de SEÑAL. Una secuencia de cada uno de los símbolos de entrenamiento largos en cada una de las N antenas transmisoras es ortogonal en el
20 tiempo. Los símbolos de entrenamiento largos pueden ser ortogonales en el tiempo mediante la introducción de un desplazamiento de fase en cada uno de los símbolos de entrenamiento largos con respecto uno del otro.

[0009] En el documento US 2003/0016621, se describen técnicas para determinar características de los canales de diversos sistemas de comunicación tales como sistemas OFDM o sistemas que utilizan una pluralidad de
25 antenas transmisoras mediante la utilización de diversos conjuntos de símbolos de entrenamiento que producen una energía de correlación cruzada igual a cero. La comunicación de los canales se puede simplificar de manera correspondiente, ya que la propiedad de correlación cruzada cero permite llevar a cabo la estimación de los canales sin una inversión matricial.

30 **[0010]** Jianhua Liu *et al*, en: "A MIMO system with backward compatibility for OFDM based WLANs", *Signal Processing Advances In Wireless Communications*, 2003; SPAWC 2003, 4.º Taller de IEEE en Roma (Italia) 15-18 Junio de 2003, Piscataway, Nueva Jersey, EE. UU, IEEE, US, 15 junio de 2003, páginas 130-134, XP010713389, describen un sistema MIMO con dos antenas transmisoras y dos antenas receptoras y un diseño de preámbulos que presenta una compatibilidad regresiva con su homólogo de salida única (SISO, por sus siglas en inglés) tal como se
35 especifica en el estándar IEEE 802.11a. Se utilizan los mismos símbolos de entrenamiento largos empleados para el sistema SISO para ambas antenas antes del campo de SEÑAL. Cuando un único receptor SISO recibe paquetes recibidos simultáneamente, el receptor SISO puede detectar satisfactoriamente hasta el campo de SEÑAL, que, tal como se designa, será el mismo para ambas antenas transmisoras. El bit reservado en el campo de SEÑAL puede indicar al receptor SISO que deje de operar siempre que a continuación se produzca una transmisión MIMO o, en
40 caso contrario, que retome su operación.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

[0011] Según un aspecto de la invención, se proporciona una secuencia de entrenamiento que comprende N
45 preámbulos configurados respectivamente para la transmisión desde al menos N antenas de un sistema de comunicación inalámbrica, comprendiendo cada uno de los N preámbulos: un campo de secuencia de entrenamiento corta; un campo de secuencia de entrenamiento larga; y un campo de señal; en el que el campo de señal y al menos uno de entre el campo de secuencia de entrenamiento corta y el campo de secuencia de entrenamiento larga de al menos uno de los N preámbulos presenta un desplazamiento cíclico con respecto al
50 campo de secuencia de entrenamiento corta, el campo de secuencia de entrenamiento larga y el campo de señal respectivos de otro de los N preámbulos, y en el que cada preámbulo comprende una primera parte definida por el estándar 802.11a, y una segunda parte que comprende al menos un campo que es distinguible del preámbulo definido por el estándar 802.11a.

55 **[0012]** Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento correspondiente para generar la secuencia de entrenamiento.

[0013] Según otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato para generar la secuencia de entrenamiento.

[0014] Los dispositivos ampliados que operan a tasas más altas, MIMO u otras ampliaciones relativas a dispositivos que cumplen estrictamente el estándar 802.11a utilizan un preámbulo modificado. Los dispositivos ampliados podrían utilizar una o más de entre múltiples técnicas de antena (MIMO), en las que se multiplexan 5 espacialmente múltiples flujos de datos, y técnicas multicanal, en las que un transmisor ampliado transmite utilizando más de un canal del 802.11a al mismo tiempo. Dichas ampliaciones del IEEE 802.11a pueden existir en dispositivos ampliados.

[0015] El preámbulo modificado se puede utilizar con fines de señalización, a dispositivos heredados así 10 como a dispositivos ampliados, para indicar capacidades y hacer que los dispositivos heredados o los dispositivos ampliados aplacen en favor de otros dispositivos, de manera que el canal de comunicación común no se vea sometido a interferencias innecesarias. El preámbulo modificado también se puede utilizar para obtener estimaciones de canales MIMO y/o estimaciones de multicanal.

[0016] El preámbulo modificado incluye preferentemente propiedades que facilitan la detección de modos 15 convencionales y/o ampliados ("detección de modo") y proporciona cierto nivel de coexistencia con dispositivos 802.11a heredados. Los preámbulos modificados pueden incluir modificaciones en los símbolos de entrenamiento cortos, símbolos de entrenamiento largos y/o el campo de señal. En algunas realizaciones, el preámbulo modificado incluye tanto secuencias 802.11a heredadas como secuencias de preámbulo modificado. En otras realizaciones, se 20 transmite energía en todos y cada uno de los tonos individuales excepto el tono DC de la secuencia de entrenamiento larga del preámbulo modificado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 **[0017]**

La fig.1 ilustra la estructura de un preámbulo 802.11a convencional.

La fig. 2 muestra los símbolos del dominio de frecuencias, comenzando por la subportadora DC, de una secuencia 30 de símbolos de entrenamiento largos, L_1 , utilizada para un preámbulo 802.11a convencional.

La fig. 3 ilustra varios dispositivos conectados a través de una red inalámbrica.

La fig. 4 ilustra otras secuencias de entrenamiento largas, que pueden ser utilizadas por dispositivos ampliados. 35

La fig. 5 ilustra una posible disposición para tonos piloto fuera de banda para canales individuales.

La fig. 6 ilustra una posible disposición para tonos piloto fuera de banda para canales individuales adyacentes 40 comúnmente asignados, en la que no se atenúan las señales fuera de banda entre bandas adyacentes.

La fig. 7 ilustra una posible disposición para tonos piloto fuera de banda para cuatro canales individuales adyacentes asignados a un único dispositivo, en la que no se atenúan las señales fuera de banda entre bandas adyacentes.

La fig. 8 ilustra un preámbulo modificado que se puede utilizar para paquetes multicanal con o sin MIMO. 45

Las figs. 9A, 9B y 9C muestran preámbulos modificados para sistemas provistos, respectivamente, de dos, tres y cuatro antenas transmisoras, según una realización de la presente invención.

La fig. 10 muestra un preámbulo modificado configurado para la transmisión a través de un sistema provisto de 50 cuatro antenas transmisoras, según otra realización de la presente invención.

La fig. 11 muestra un preámbulo modificado configurado para la transmisión a través de un sistema provisto de dos antenas transmisoras, según otra realización de la presente invención.

55 La fig. 12 muestra un preámbulo modificado configurado para la transmisión a través de un sistema provisto de cuatro antenas transmisoras, según otra realización de la presente invención.

La fig. 13 muestra un preámbulo de modo mixto ejemplar, configurado para la transmisión a través de un sistema con dos antenas transmisoras, según una realización de la presente invención.

La fig. 14 muestra un preámbulo de modo mixto ejemplar, configurado para la transmisión desde un sistema provisto de dos antenas transmisoras, según otra realización de la presente invención.

5 La fig. 15A muestra los 64 tonos de una secuencia de entrenamiento larga ampliada adaptada para un canal de 20 MHz, según una realización de la presente invención.

La fig. 15B muestra las subportadoras inferiores y superiores de una secuencia de entrenamiento larga del 802.11a adaptada para un canal de 20 MHz, tal como se conocen en la técnica anterior.

10

La fig. 16A muestra los 128 tonos de una secuencia de entrenamiento larga ampliada, adaptada para un canal de 40 MHz, tal como se conocen en la técnica anterior.

La fig. 16B muestra las subportadoras inferiores y superiores de una secuencia de entrenamiento larga del 802.11a adaptada para un canal de 40 MHz, tal como se conocen en la técnica anterior.

15

La fig. 17 muestra un espectro ejemplar asociado con un paquete PHY que incluye la secuencia de entrenamiento larga que se muestra en la fig. 15A, y dispuesto dentro de la máscara espectral 802.11a definida por el estándar 802.11a.

20

La fig. 18 muestra el campo de señal de un preámbulo modificado, según una realización de la presente invención.

La fig. 19 es un diagrama de flujo que ilustra un posible proceso para obtener estimaciones de canales para cada señal de transmisor en un sistema MIMO.

25

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0018] La utilización de preámbulos modificados se describe en la presente memoria. Dichos preámbulos modificados se pueden utilizar en paquetes enviados a través de una red inalámbrica, tal como una red inalámbrica que cumple con el 802.11a. Dichos paquetes con preámbulos modificados pueden ser enviados por transmisores que corresponden a realizaciones de la presente invención para ser recibidos por receptores que corresponden a realizaciones de la presente invención, así como para ser recibidos por receptores heredados que no están configurados para recibir e interpretar los preámbulos modificados tal como lo harían los receptores que corresponden a realizaciones de la presente invención.

30

[0019] La fig. 3 ilustra tan solo un ejemplo de una red inalámbrica utilizada para comunicaciones entre transmisores y receptores como las que se indican. Tal como se muestra, dos dispositivos inalámbricos 102(1), 102(2) podrían utilizar e interpretar los preámbulos modificados, mientras que un dispositivo inalámbrico heredado 104 podría no esperar los preámbulos modificados, pero podría oír señales que representen a dichos preámbulos. Los dispositivos inalámbricos ampliados 102 podrían operar utilizando múltiples canales y/o múltiples antenas transmisoras y/o múltiples antenas receptoras. Los dispositivos podrían contar con una única antena transmisora y una única antena receptora, o más de una antena transmisora y/o más de una antena receptora. Aunque se muestran antenas transmisoras y receptoras independientes, en algunos dispositivos se podrían utilizar antenas que sirvieran tanto para transmitir como para recibir.

40

[0020] El límite 106 no es un límite físico, sino que se muestra para representar un espacio dentro del cual se pueden recibir señales procedentes de dispositivos ubicados dentro del espacio. De este modo, cuando un dispositivo transmite una señal que representa un paquete dentro del límite 106, otros dispositivos dentro del límite 106 captan las señales y, conforme a su programación, intentarán determinar si las señales representan paquetes y, en ese caso, procederán a desmodular/descodificar los paquetes para obtener los datos representados en los mismos.

45

[0021] Se podrían utilizar muchas variaciones de un preámbulo modificado. Un ejemplo es el preámbulo que se muestra en la fig. 1, en el que el símbolo de entrenamiento largo está modificado para utilizar secuencias tales como una de las secuencias ejemplares que se muestran en la fig. 4.

50

[0022] Preferentemente, un preámbulo modificado será de tal modo que, 1) un receptor ampliado (por ejemplo, uno que pueda manejar ventajosamente preámbulos modificados) podrá distinguir entre paquetes MIMO (u otros paquetes de modo ampliado) y paquetes 802.11a convencionales, 2) un receptor heredado (por ejemplo, uno

que no esté configurado para recibir e interpretar los preámbulos modificados y podría no esperar operaciones ampliadas) podrá recibir una parte del paquete que sea suficiente para determinar si el receptor heredado puede entender el paquete o puede aplazar el procesamiento de señales entrantes durante un tiempo, lo cual permite un cierto grado de coexistencia, 3) el preámbulo modificado se podrá utilizar para la estimación de canales y la sincronización MIMO, y 4) el preámbulo modificado resultará útil en un proceso de detección de la utilización de una transmisión multicanal. En algunas realizaciones de dispositivos inalámbricos según la presente invención, se utilizan preámbulos modificados que proporcionan una, dos, tres, o todas y cada una de las características preferentes indicadas anteriormente.

10 Combinaciones de ampliaciones

[0023] Los sistemas del 802.11a ampliados multicanal podrían transmitir de manera simultánea en varios canales de 20 MHz, mientras que un sistema del 802.11a heredado solo transmite en un único canal de 20 MHz mediante una única antena, o si el sistema heredado transmite con más de una antena, cada una de las antenas transmite la misma señal del 802.11a, posiblemente con algunas diferencias de retardo entre señales. Por consiguiente, las tasas de datos se pueden aumentar con respecto a las tasas de datos del 802.11a mediante múltiples antenas transmisoras o múltiples canales o una combinación de ambos. De este modo, en un canal de comunicación, tal como el espacio aéreo de una nube de red inalámbrica, podrían estar presentes varios tipos de paquetes:

- 1) paquetes heredados SISO (siglas en inglés de entrada única, salida única) del 802.11a, 802.11b u 802.11g SISO transmitidos en un único canal de 20 MHz;
- 2) SISO ampliado en múltiples canales de 20 MHz (por ejemplo, canales de 40, 60, 80 o 100 MHz);
- 3) MIMO ampliado en un único canal de 20 MHz;
- 4) MIMO ampliado en múltiples canales de 20 MHz (por ejemplo, canales de 40, 60, 80 o 100 MHz).

[0024] Tras leer la presente memoria descriptiva, un experto en la materia puede derivar varias estructuras satisfactorias de preámbulos modificados. A continuación se describen algunos ejemplos. Preferentemente, la estructura de preámbulo no modificado puede proporcionar la interoperabilidad y la coexistencia entre sistemas SISO y MIMO a diversos anchos de canal y la coexistencia entre sistemas de modo ampliado y sistemas heredados.

35 Canal único MIMO (20 MHz)

[0025] Un preámbulo modificado puede utilizar la misma estructura que el preámbulo del 802.11a, con un símbolo de entrenamiento largo diferente, determinado a partir de una secuencia de símbolos de entrenamiento largos L_D . Al mantener los mismos símbolos cortos S, o aplicar desplazamientos cíclicos en S para la segunda, tercera, etc. antenas transmisoras, y utilizar la misma estructura de temporización que la que se ilustra en la fig. 1, un receptor que utilice el modo ampliado puede utilizar el mismo equipo físico para detectar los símbolos S y L que se repiten, aunque el contenido real de los símbolos L sea diferente para las ampliaciones del 802.11a.

[0026] Diversas realizaciones de dispositivos inalámbricos podrían utilizar diversas secuencias de símbolos de entrenamiento largos. En un ejemplo de una modificación, la secuencia de símbolos de entrenamiento largos L_D presenta una o más de las siguientes características: 1) está formulada de manera que se puede realizar la estimación de canales para múltiples transmisores, 2) posee una baja correlación cruzada con la secuencia de símbolos de entrenamiento largos de 802.11a no modificados, y/o 3) se puede utilizar en un proceso relativamente sencillo de detección de si el preámbulo es un paquete del 802.11a o un paquete de modo ampliado, que se puede utilizar en canales multitrayecto. En la fig. 4 se muestran las secuencias de símbolos de entrenamiento largos como L_2 y L_3 , pero tras la lectura de la presente memoria descriptiva, deberían resultar evidentes otras variaciones.

Estimación de canales

[0027] Al permitir la estimación de canales para múltiples transmisores, se pueden aplicar técnicas de codificación espacio-tiempo o MIMO para lograr ampliaciones del 802.11a. Una manera de hacerlo consiste en enviar un conjunto de subportadoras diferente desde cada transmisor. Como ejemplo, para el caso de dos transmisores, un dispositivo podría modular sus subportadoras OFDM con los 64 valores de L_3 , que se muestran en la fig. 4, con un transmisor transmitiendo las subportadoras impares {1, 3, ..., 63} y el otro transmisor transmitiendo

las subportadoras pares $\{0, 2, \dots, 62\}$. De este modo, un transmisor tomaría una IFFT de las subportadoras impares y transmitiría muestras de esa señal variable en el tiempo y el otro transmisor tomaría una IFFT de las subportadoras pares y transmitiría las muestras de esa señal variable en el tiempo.

5 **[0028]** L_3 es una secuencia de símbolos de entrenamiento largos del 802.11a modificada, en la que algunas de las subportadoras de la secuencia L_1 del estándar 802.11a están invertidas, y algunas subportadoras que son cero en L_1 son distintas de cero en L_3 . Este último caso presenta varias ventajas para la estimación de canales, pero no es necesario a efectos de discriminar paquetes del 802.11a con respecto a los paquetes de modo ampliado.

10 Baja correlación cruzada

[0029] El segundo criterio consiste en que la nueva secuencia de entrenamiento debería presentar una baja correlación cruzada con la secuencia de entrenamiento convencional del estándar IEEE 802.11a. Un modo de lograrlo es invertir uno de cada dos grupos de cuatro subportadoras, que se aplica a la secuencia L_2 para obtener una nueva secuencia L_3 que es prácticamente ortogonal tanto a L_1 como a L_2 . Además, L_3 se construye de tal manera que también hay una baja correlación cruzada entre los elementos pares e impares de L_2 y L_3 . Estas secuencias L_2 y L_3 se muestran en la fig. 4. La baja correlación cruzada se ilustra mediante la Ecuación 1 y la Ecuación 2 (nótese que en la Ecuación 1, una alta correlación cruzada tendría valores en el lado derecho más próximos a -32 o 32, ya que en este caso la suma no está normalizada).

20

$$\sum_{k=0}^{31} L_2(2k)L_3(2k) = -1 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

$$\sum_{k=0}^{31} L_2(2k+1)L_3(2k+1) = 0 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Detección del modo

25 **[0030]** La baja correlación cruzada entre elementos pares e impares de L_2 y L_3 permite aplicar el tercer criterio, ya que hace que sea posible detectar paquetes en modo ampliado observando la correlación de L_2 y L_3 con las subportadoras impares y pares de un paquete recibido.

30 **[0031]** Un receptor puede tener a su disposición diversos procedimientos para detectar, a partir de una señal recibida, si un transmisor ha transmitido un paquete del 802.11a convencional o un paquete en modo ampliado. Ahora se describirá un procedimiento para detectar qué tipo de paquete se ha enviado.

[0032] En este procedimiento, se recibe una parte de la señal que basta para identificar lo que deberían ser los dos símbolos de entrenamiento largos repetidos, que normalmente se muestrean como dos repeticiones idénticas de 64 muestras para cada antena receptora. Se toma una FFT (siglas en inglés de transformada de Fourier rápida) de la suma de dos repeticiones idénticas de 64 muestras, con la que se genera una secuencia de salida $s_i(k)$, que comprende 64 valores complejos por cada antena receptora, que contienen amplitudes y fases de los canales, así como los desplazamientos de fase provocados por la secuencia de símbolos de entrenamiento largos que se ha utilizado en realidad (por ejemplo, secuencias tales como L_1 , L_2 , L_3 o L_4).

40

[0033] A partir de la secuencia de salida $s_i(k)$, el receptor genera otras dos secuencias, $r_s(k)$ y $r_m(k)$, multiplicando $s_i(k)$ por las secuencias L_2 y L_3 para cada antena receptora i , tal como se ilustra mediante las Ecuaciones 3a y 3b.

$$r_{si}(k) = \sum_{k=0}^{63} S_i(k)L_2(k) \quad \text{(Ecuación 3a)}$$

$$r_{mi}(k) = \sum_{k=0}^{63} S_i(k)L_3(k) \quad \text{(Ecuación 3b)}$$

45

[0034] A continuación, el receptor calcula dos parámetros, m_m y m_s , a partir de $r_s(k)$ y $r_m(k)$ mediante una operación de detección diferencial, como la que se ilustra en las Ecuaciones 4a y 4b.

$$m_s = \left\| \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k=2}^{26} [r_{si}(k)r_{si}^*(k-1) + r_{si}(k+37)r_{si}^*(k+36)] \right\| \quad (\text{Ecuación 4a})$$

5

$$m_m = \left\| \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{11} [r_{mi}(2k+3)r_{mi}^*(2k+1) + r_{mi}(2k+41)r_{mi}^*(2k+39) \right. \\ \left. + r_{mi}(2k+4)r_{mi}^*(2k+2) + r_{mi}(2k+42)r_{mi}^*(2k+40)] \right\| \quad (\text{Ecuación 4b})$$

[0035] Si $m_m > c \cdot m_s$, el receptor podría suponer que la señal recibida representa un paquete del 802.11a convencional; en caso contrario, el receptor supone que el paquete es un paquete en modo ampliado. La constante c es, preferentemente, igual a 1, pero puede ser distinta.

10

Canal múltiple SISO/MIMO

[0036] Algunas estructuras de preámbulo modificado descritas en la presente memoria proporcionan la interoperabilidad y la coexistencia entre paquetes/dispositivos multicanal SISO y paquetes/dispositivos multicanal MIMO, así como la coexistencia entre paquetes/dispositivos multicanal y paquetes/dispositivos heredados.

15

[0037] La fig. 5 ilustra el caso en el que los pilotos fuera de banda se atenúan para canales de 20 MHz utilizados para transmitir una señal MIMO. La estructura del preámbulo puede ser idéntica a la de un preámbulo del 802.11a convencional, a excepción de que la secuencia de símbolos de entrenamiento largos puede utilizar lo que, en otro caso, se consideran subportadoras fuera de banda. Algunas de estas subportadoras fuera de banda, o todas, se pueden utilizar también en los símbolos de datos para aumentar la tasa de datos.

20

[0038] En el caso de la fig. 5, diferentes dispositivos pueden utilizar diferentes canales, pero también es posible que el mismo dispositivo transmita en varios canales de manera simultánea. Por ejemplo, un dispositivo puede transmitir en los canales 1 y 4 simultáneamente, mientras los canales 2 y 3 son utilizados por otros dispositivos.

25

[0039] Si un dispositivo utiliza de manera simultánea dos canales adyacentes, no será necesario atenuar las "subportadoras fuera de banda" en el centro de esta banda de 40 MHz. En la fig. 6 se muestra un ejemplo de esto. Por tanto, no es necesario atenuar las subportadoras fuera de banda que se encuentran entre los dos canales de 20 MHz. En la fig. 4, la secuencia L_4 es la secuencia de símbolos de entrenamiento largos para un preámbulo de 40 MHz, que contiene todos los valores de las 128 subportadoras para un símbolo de entrenamiento largo de canal de 40 MHz. Los primeros 32 valores son idénticos a los últimos 32 valores de un preámbulo de 20 MHz, correspondientes a las subportadoras de la parte izquierda de un canal de 20 MHz. Una diferencia entre L_4 y dos secuencias de entrenamiento largas de 20 MHz independientes es que las subportadoras DC se encuentran en diferentes ubicaciones, de modo que en la posición en la que un canal de 20 MHz tendría normalmente su subportadora DC, la secuencia de 40 MHz puede tener un valor de subportadora distinto de cero. En L_4 , son las subportadoras números 33 y 97, respectivamente.

30

35

[0040] Con subportadoras fuera de banda no atenuadas, la información de señalización se puede incluir en estas subportadoras durante la configuración del paquete, como por ejemplo modos de operación y/o ampliación de la señalización durante un preámbulo, y en esas subportadoras se pueden incluir más datos, para aumentar la tasa de datos.

40

45

[0041] La fig. 7 muestra el caso de cuatro canales de 20 MHz.

[0042] Un ejemplo de preámbulo modificado es el preámbulo que se muestra en la fig. 1, modificado tal como se muestra en la fig. 8. Los valores de los símbolos de entrenamiento largos para estas subportadoras fuera de banda puede ser los mismos que en el caso de la fig. 1. El símbolo de entrenamiento largo va seguido de una réplica

50

del campo de Señal con idénticos valores de subportadora en cada uno de los canales de 20 MHz, afectados por los mismos efectos (por ejemplo, desplazamiento cíclico en dominio temporal o patrón de aleatorización en dominio de frecuencia) que el símbolo de entrenamiento largo de la correspondiente antena de transmisión o flujo espacial. Esto garantiza que un receptor que opera en solo uno de los canales de 20 MHz seguirá siendo capaz de descodificar satisfactoriamente al menos la primera parte del paquete que contiene el campo de Señal y aplazar el resto del paquete, ya que la descodificación del campo de Señal proporciona al receptor información acerca de la longitud del paquete y, por tanto, de cuánto tiempo se debe aplazar. La misma técnica se puede ampliar a un número arbitrario de canales.

- 10 **[0043]** La fig. 8 muestra un preámbulo para un paquete MIMO de dos transmisores. La estructura es la misma que para el 802.11a, pero con algunas diferencias, como: a) l_0 , l_1 , d_0 , d_1 pueden contener subportadoras fuera de banda; b) s_1 , l_1 , d_1 se pueden desplazar de manera cíclica con respecto a s_0 , l_0 ; d_0 , o c) l_0 y l_1 pueden contener secuencias de subportadoras que presenten una baja correlación cruzada con las mismas secuencias de subportadoras de la secuencia de símbolos de entrenamiento largos del 802.11a.

15

Interoperabilidad

- [0044]** La interoperabilidad entre los diferentes modos ampliados se puede garantizar transmitiendo el mismo preámbulo y campo de señal en cada uno de los canales de 20 MHz. La estructura temporal del preámbulo puede ser la misma que la del IEEE 802.11a, tal como se ilustra en la fig. 1. Para un transmisor MIMO de 20 MHz, se puede modificar el símbolo de entrenamiento largo L para facilitar la estimación de canales MIMO e incluir pilotos fuera de banda. En un ejemplo de un transmisor ampliado que utiliza una pluralidad de canales, el transmisor transmite una copia idéntica del preámbulo y el campo de señal en cada uno de los canales de 20 MHz utilizados por dicho transmisor, mientras que los pilotos fuera de banda solo deben atenuarse en los bordes de un multicanal y no entre canales adyacentes del multicanal. Las subportadoras del campo de señal podrían contener diferentes bits de datos para diferentes canales de 20 MHz, para señalar información tal como el modo multibanda del transmisor, modo MIMO, número de canal, tasa de datos y/o tasa de codificación.

- [0045]** Al transmitir el mismo preámbulo y campo de señal en cualquier canal de 20 MHz, se garantiza que un dispositivo ampliado que solo desmodula un canal de 20 MHz al menos sea capaz de descodificar el campo de señal. A partir de la información en el campo de señal, el dispositivo ampliado monocanal puede aplazarlo adecuadamente el tiempo de la duración del paquete, o bien descubrir qué modo ampliado se utiliza para este paquete en el caso de que esta información esté codificada en el campo de señal. Por ejemplo, el receptor podría detectar a partir del campo de señal que el paquete se transmite por cuatro canales adyacentes, tras lo cual, el receptor ampliado puede decidir cambiar a un modo de recepción de cuatro canales.

- [0046]** Obsérvese que normalmente, para un receptor de 20 MHz monocanal, no importa si se atenúan las subportadoras fuera de banda ilustradas en las figs. 5 a 7. Por ejemplo, si un receptor monocanal desmodula el canal 2 de los 4 canales transmitidos que se muestran en la fig. 7, el filtro de recepción de ese receptor monocanal atenuará en parte las subportadoras fuera de banda al tiempo que suprimirá los canales adyacentes 1 y 3 hasta el punto en el que estos canales adyacentes no causen interferencias con la señal deseada del canal 2.

Coexistencia

- 45 **[0047]** Un procedimiento para lograr la coexistencia entre dispositivos ampliados y dispositivos del IEEE 802.11a y 802.11g heredados consiste en mantener la estructura del preámbulo en cada canal de 20 MHz igual que para el IEEE 802.11a. El IEEE 802.11a especifica un comportamiento de aplazamiento basado en la detección de energía, que proporciona cierto nivel de coexistencia. No obstante, para garantizar que los dispositivos heredados aplazan de manera adecuada todos los paquetes en modo ampliado hasta unos niveles de potencia recibida de -82 dBm u otros niveles adecuados, los receptores deben ser capaces de descodificar satisfactoriamente el campo de señal, que contiene la información de la longitud del paquete.

- [0048]** Bangerter, B. *et al*, "High-Throughput Wireless LAN Air Interface", Intel Technology Journal, Vol. 7, N.º 3 (agosto de 2003) (en lo sucesivo, "Bangerter") y Boer, J. *et al*, "Backwards Compatibility", presentación de IEEE 802.11, N.º de documento 802.11-03/714r0 (septiembre de 2003) (en lo sucesivo "Boer") describen algunas maneras de lograrlo.

- [0049]** Bangerter describe la utilización de múltiples preámbulos del 802.11a dispersados en frecuencia, de manera que los dispositivos del 802.11a heredados de canales de 20 MHz aplazarán los dispositivos de múltiples

canales, pero se pueden obtener más ventajas mediante la utilización de pilotos fuera de banda o preámbulos MIMO, tal como se describen en otros lugares de la presente memoria.

[0050] Boer describe algunos posibles preámbulos MIMO que presentan algunas ventajas limitadas. En un procedimiento descrito en Boer, cada transmisor MIMO transmite un preámbulo del 802.11a mientras los otros transmisores no transmiten nada. Aunque esto hace que la distinción resulte más sencilla, el entrenamiento es considerablemente más largo y, por tanto, se reduce el rendimiento. En otro procedimiento descrito en Boer, cada transmisor MIMO transmite una parte de las subportadoras del 802.11a. Por ejemplo, para dos transmisores, un transmisor transmite todas las subportadoras impares y el otro transmisor transmite todas las subportadoras pares. No obstante, si no hay más, la detección del modo basada en los símbolos de entrenamiento podría no ser posible con dicha técnica.

[0051] Una manera novedosa de permitir la coexistencia o aumentar el grado de coexistencia para paquetes MIMO consiste en aplicar un desplazamiento de retardo cíclico en las salidas de la IFFT del símbolo de entrenamiento largo y campo de Señal antes de aplicar la ampliación del tiempo de guarda. Por ejemplo, supongamos que $L(k)$ y $D(k)$ son los 64 valores de las subportadoras para el símbolo de entrenamiento largo y el símbolo del campo de Señal, respectivamente. Para una transmisión de un único transmisor del 802.11a convencional, las muestras temporales para el símbolo de entrenamiento largo se obtienen tomando la IFFT de 64 puntos de $L(k)$ para obtener $l(i)$ y transmitiendo las muestras de $l(i)$. De este modo, con el tiempo de guarda, el símbolo de entrenamiento largo y el tiempo de guarda se construyen como $[l(32:63) \ l(0:63) \ l(0:63)]$, es decir, la salida de la IFFT se repite dos veces y las últimas 32 muestras se anexan al principio para formar el intervalo de guarda de entrenamiento largo. Al igual que con la temporización convencional, el intervalo de guarda de entrenamiento largo (32 muestras) es el doble de largo que el intervalo de guarda para símbolos de datos del 802.11a (16 muestras). El campo de señal está formado por $[d(48:63) \ d(0:63)]$, en el que $d(0:63)$ consiste en las 64 muestras de la IFFT de $D(k)$.

[0052] En el caso de un dispositivo MIMO de dos transmisores, el primer transmisor transmitiría el símbolo de entrenamiento largo y el campo de señal como el del 802.11a. El segundo transmisor aplicaría un desplazamiento cíclico de manera que, en lugar de la salida de la IFFT $l(0:63)$, utiliza las muestras desplazadas cíclicamente $l_s=[l(32:63) \ l(0:31)]$ para construir las muestras de los símbolos de entrenamiento largos $[l_s(32:63) \ l_s(0:63) \ l_s(0:63)]$. Para el campo de señal, utiliza las muestras desplazadas $d_s=[d(32:63) \ d(0:31)]$ para construir el campo de señal como $[d_s(48:63) \ d_s(0:63)]$.

[0053] En un paquete del 802.11a heredado, una repetición de 3,2 microsegundos del símbolo de entrenamiento largo L tal como se muestra en la fig. 1 se expresa en el dominio temporal como la IFFT de $L(k)$, en la que $L(k)$ contiene 64 valores de subportadoras, de los cuales 52 son distintos de cero. Las muestras temporales $l(i)$ se dan tal como se muestra en la Ecuación 5, en la que los valores de las subportadoras de $L(k)$:

$$l(i) = \sum_{k=0}^{63} L(k) \exp(j \frac{2\pi i k}{64}) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

[0054] En los modos ampliados descritos en la presente memoria, se describirán algunas posibles modificaciones. En primer lugar, $L(k)$ puede contener más de 52 subportadoras distintas de cero. En segundo lugar, en el caso de la transmisión MIMO, $l(i)$ puede presentar un desplazamiento cíclico que puede ser diferente para cada transmisor. La señal desplazada $l_k(i)$ se puede obtener a partir de $l(i)$ como $l_k(i)=l([i+64+d_k]\%64)$, donde "%" indica el operador módulo y d_k es el retardo cíclico del transmisor k en muestras de 20 MHz. Esta expresión supone una tasa de muestreo de 20 MHz, de manera que en un intervalo de 3,2 microsegundos hay 64 muestras. Otro procedimiento para generar el desplazamiento cíclico consiste en aplicar una rotación de rampa de fase en todos los valores de subportadoras de $L(k)$ antes de calcular la IFFT, tal como se muestra en el ejemplo de la Ecuación 6.

$$l_k(i) = \sum_{k=0}^{63} L(k) \exp(-j \frac{2\pi k d_k}{64}) \exp(j \frac{2\pi i k}{64}) \quad \text{(Ecuación 6)}$$

[0055] Un transmisor MIMO puede contar con dos o más antenas transmisoras (o conjuntos de antenas, en su caso). Para un sistema MIMO con dos antenas transmisoras y con dos flujos de datos de transmisión diferentes,

los valores preferidos para los valores de retardo cíclico d_k son 0 y 32 muestras, respectivamente. Esto corresponde a un retardo cíclico de 1,6 microsegundos entre los dos transmisores. Para tres transmisores, d_k puede ser 0, 22 y 43 muestras, respectivamente. Para cuatro transmisores, d_k puede ser 0, 16, 32 y 48 muestras, respectivamente.

5 **[0056]** Las figs. 9A, 9B y 9C muestran preámbulos modificados (que también reciben la denominación de secuencias de entrenamiento) configurados para la transmisión a través de sistemas provistos de dos, tres y cuatro antenas transmisoras respectivamente, según una realización de la presente invención. El preámbulo modificado 900 de la fig. 9A incluye dos partes del preámbulo, concretamente la parte del preámbulo 910₁ transmitida desde la primera antena y la parte del preámbulo 910₂ transmitida desde la segunda antena de un sistema de dos antenas
10 transmisoras. En lo sucesivo, las partes de preámbulo también reciben el nombre de preámbulos. Los símbolos cortos del preámbulo 910₂ presentan un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto a los símbolos cortos del preámbulo 910₁. La secuencia de entrenamiento larga ampliada (ELT, por sus siglas en inglés) del preámbulo 910₂ presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto a la secuencia ELT del preámbulo 910₁. De modo similar, el campo de Señal del preámbulo 910₂ presenta un desplazamiento de 1600 ns con respecto al campo de
15 señal del preámbulo 910₁. Se pueden utilizar otros desplazamientos cíclicos por cada parte de preámbulo.

[0057] Tal como se describe anteriormente, la duración combinada para la transmisión de la secuencia de entrenamiento corta, intervalos de guarda, secuencia de entrenamiento larga y campos de señal es de 20 μ s. El preámbulo 910₁ incluye una secuencia de entrenamiento corta 920₁, un intervalo de guarda GI 925₁, una secuencia
20 ELT 930₁ y un campo de Señal SIG 935₁. De manera similar, el preámbulo 910₂ incluye una secuencia de entrenamiento corta 920₂, un intervalo de guarda GI 925₂, una secuencia ELT 930₂ y un campo de Señal SIG 935₂. Los GI 925₁ y 925₂ se obtienen tomando las últimas 32 muestras (a una tasa de muestreo de 20 MHz) de ELT 930₁ y 930₂, respectivamente.

25 **[0058]** En referencia a la fig. 9B, el preámbulo 910₁ se transmite desde la primera antena, el preámbulo 910₂ se transmite desde la segunda antena y el preámbulo 910₃ se transmite desde la tercera antena de un sistema de comunicación provisto de tres antenas transmisoras. La secuencia corta del preámbulo 910₂ presenta un desplazamiento cíclico de 200 ns con respecto a la secuencia corta del preámbulo 910₁. La secuencia ELT del preámbulo 910₂ presenta un desplazamiento cíclico de 1050 ns con respecto a la secuencia ELT del preámbulo
30 910₁. De manera similar, el campo de Señal del preámbulo 910₂ presenta un desplazamiento cíclico de 1050 ns con respecto al campo de Señal del preámbulo 910₁. La secuencia corta del preámbulo 910₃ presenta un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto a la secuencia corta del preámbulo 910₁. La secuencia ELT del preámbulo 910₃ presenta un desplazamiento cíclico de 2100 ns con respecto a la secuencia ELT del preámbulo 910₁. De manera similar, el campo de Señal del preámbulo 910₃ presenta un desplazamiento cíclico de 2100 ns con
35 respecto al campo de Señal del preámbulo 910₁. Se pueden utilizar otros desplazamientos cíclicos por cada parte de preámbulo.

[0059] La secuencia de entrenamiento corta en cada uno de los anteriores preámbulos puede ser o no la misma que la secuencia de entrenamiento corta heredada definida por el estándar 802.11a. De manera similar, la
40 secuencia ELT puede ser la misma que la secuencia de entrenamiento corta heredada o una cualquiera de las secuencias ELT descritas. Tal como se describe anteriormente, el intervalo temporal de la secuencia ELT se divide por el número de antenas transmisoras a partir de las cuales se obtienen los desplazamientos cíclicos. Por ejemplo, con respecto al preámbulo del IEEE 802.11a, el intervalo temporal de la secuencia de entrenamiento larga, excluido el intervalo de guarda, es de 3,2 μ s. En lo sucesivo, se supone que los N_s flujos espaciales se asignan directamente
45 a las N_t antenas transmisoras, es decir, $N_s = N_t$, aunque se entiende que la presente invención se puede aplicar fácilmente a asignaciones más generales en las que los N_s flujos espaciales no se asignan directamente a las N_t antenas transmisoras. Además, se supone que el desplazamiento cíclico en la primera antena transmisora es 0; no obstante, también son posibles valores diferentes de 0.

50 **[0060]** Como se muestra anteriormente, cuando hay dos antenas transmisoras, es decir, $N_t = 2$, el desplazamiento cíclico en la segunda antena transmisora puede ser $3,2 / 2 = 1,6 \mu$ s. Cuando hay tres antenas transmisoras, $N_t = 3$, el desplazamiento cíclico en la segunda y la tercera antena transmisora puede ser, respectivamente, 1,05 μ s y 2,1 μ s. Para $N_t = 4$, el desplazamiento cíclico en la segunda, la tercera y la cuarta antena transmisora puede ser, respectivamente, $3,2 / 4 = 0,8 \mu$ s, $2 \cdot 3,2 / 4 = 1,6 \mu$ s y $3 \cdot 3,2 / 4 = 2,4 \mu$ s, tal como se muestra
55 en la fig. 9C.

[0061] La secuencia de entrenamiento larga por cada antena transmisora puede ser la misma que la del estándar IEEE 802.11a (fig. 1), incluidos dos símbolos de entrenamiento largos consecutivos. El correspondiente desplazamiento cíclico asociado con cada antena transmisora y que se anexa al final con una extensión cíclica de

1,6 μ s forma los símbolos ELT desplazados cíclicamente para dicha antena transmisora.

[0062] Para poder descodificar el campo de señal sin conocer de antemano el número de antenas transmisoras, el campo de señal, SIG N, se mantiene igual para cada una de las antenas transmisoras, a excepción de que presenta el mismo desplazamiento cíclico que el que se anexa a los símbolos ELT de dicha antena transmisora. Por consiguiente, el SIG N se puede descodificar mediante un entrenamiento SIMO (entrada única, salida múltiple). En otras palabras, el entrenamiento para la descodificación de SIG N se lleva a cabo suponiendo que la secuencia ELT se transmite desde una única antena transmisora.

10 **[0063]** Los preámbulos ejemplares descritos en las figs. 9A, 9B y 9C proporcionan varias ventajas. En primer lugar, la duración de 20 microsegundos del preámbulo es relativamente corta, en especial para sistemas con tres o cuatro antenas transmisoras, de ahí la baja sobrecarga. En segundo lugar, los desplazamientos cíclicos seleccionados garantizan que la potencia observada por el receptor no se ve afectada por la combinación constructiva o destructiva de canales. Por lo tanto, se puede llevar a cabo el control de ganancia de manera efectiva a lo largo de todo el preámbulo. En tercer lugar, debido a que las respuestas a los impulsos se pueden separar en el tiempo, se puede identificar el número de flujos espaciales mediante el preámbulo, lo cual permite que el receptor identifique el número de canales espaciales del MIMO. En cuarto lugar, el campo de señal se da en el mismo lugar, independientemente del número de flujos espaciales. En quinto lugar, el campo de señal se puede descodificar estimando la suma de todos los canales espaciales (como si se enviara desde solo un transmisor) y empleando la suma para descodificar los datos del campo de señal. Por lo tanto, el campo de señal se puede descodificar del mismo modo para cualquier tipo de paquete, ya sea un paquete MIMO (cualquier número de flujos) o un paquete SISO.

25 **[0064]** La fig. 10 muestra un preámbulo modificado 950 adaptado para un sistema de cuatro antenas transmisoras, según una realización de la presente invención. El preámbulo modificado 950 incluye cuatro preámbulos 950₁, 950₂, 950₃ y 950₄, que se transmiten respectivamente desde la primera, la segunda, la tercera y la cuarta antena transmisora (que no se muestran). Cada uno de los preámbulos 950₁, 950₂, 950₃ y 950₄ incluye una secuencia de entrenamiento corta, un intervalo de guarda, una primera secuencia ELT, que incluye dos o más símbolos consecutivos, un segundo intervalo de guarda, una segunda secuencia ELT y un campo de señal. Se entiende que para un sistema con tres antenas transmisoras, el preámbulo 950 incluye los preámbulos 950₁, 950₂ y 950₃, y para un sistema con dos antenas transmisoras, el preámbulo 950 incluye los preámbulos 950₁ y 950₂. Cada secuencia ELT incluye, a su vez, dos o más símbolos consecutivos (que se denominan de forma colectiva como símbolo).

35 **[0065]** Tal como se muestra en la fig. 10, las secuencias de entrenamiento cortas (también denominadas en la presente memoria campo de secuencias de entrenamiento cortas) de 950₄, 950₃ y 950₂ presentan desplazamientos cíclicos de 600 ns, 400 ns y 200 ns, respectivamente, con respecto a los campos de secuencias de entrenamiento cortas 950₁. El primer campo de secuencias ELT de 950₂ presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al primer campo de secuencias ELT de 950₁. El primer campo de secuencias ELT de 950₃ presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto al primer campo de secuencias ELT de 950₁. El primer campo de secuencias ELT de 950₄ presenta un desplazamiento cíclico de 1650 ns con respecto al primer campo de secuencias ELT de 950₁. El segundo campo de secuencias ELT de 950₂ presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al segundo campo de secuencias ELT de 950₁. El segundo campo de secuencias ELT de 950₃ presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto al segundo campo de secuencias ELT de 950₁. El segundo campo de secuencias ELT de 950₄ presenta un desplazamiento cíclico de 1650 ns con respecto al primer campo de secuencias ELT de 950₁. El campo de Señal de 950₂ presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al campo de señal de 950₁. El campo de señal de 950₃ presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto al campo de señal de 950₁. El campo de señal de 950₄ presenta un desplazamiento cíclico de 1650 ns con respecto al campo de señal de la secuencia ELT de 950₁. En lo sucesivo, el campo de secuencias ELT también recibe el nombre de secuencia ELT.

[0066] El preámbulo 950 dispersa las señales desplazadas cíclicamente añadiendo más secuencias ELT, lo cual permite la detección del número de antenas mediante una cualquiera de las secuencias ELT que tiene una duración de 6,4 microsegundos. Para garantizar que la segunda secuencia ELT sea independiente de la primera secuencia ELT para cada una de las antenas transmisoras, se puede utilizar la técnica de codificación de Walsh (que se indica por los signos menos añadidos a los correspondientes símbolos de secuencias ELT de 950₃ y 950₄). Por lo tanto, la ortogonalidad en frecuencia a través del desplazamiento cíclico se utiliza para separar TX1 de TX2 y TX3 de TX4, y la ortogonalidad temporal se utiliza para separar TX1 y TX2 de TX3 y TX4. Por lo tanto, según el preámbulo modificado, se utiliza la detección de una segunda secuencia ELT transmitida desde cada antena para

distinguir si el sistema de transmisión incluye (I) 1 o 2 antenas transmisoras y (II) 3 o 4 antenas transmisoras. La segunda secuencia ELT se puede detectar, por ejemplo, añadiendo o restando los dos periodos y determinando si la correlación cruzada entre los dos símbolos de la segunda secuencia ELT es alta o baja. Cuando la correlación cruzada es alta, se detecta la presencia de una segunda secuencia ELT.

5

[0067] Un preámbulo modificado con dos secuencias ELT para cada una de las antenas transmisoras, tal como se describe anteriormente, proporciona otras ventajas. En primer lugar, la caída de potencia por flujo de transmisión es relativamente corta. En segundo lugar, debido a que el campo de señal aparece al final de la secuencia de entrenamiento para cada flujo de transmisión, se reducen al mínimo los retardos en el procesamiento debidos a la estimación de canales y, por tanto, resultan más adecuados para las opciones del controlador de acceso al medio (MAC, por sus siglas en inglés). Además, la estimación de mínimos cuadrados (MSE, por sus siglas en inglés) para la estimación de canales es la misma para sistemas con dos o cuatro antenas transmisoras.

10

[0068] La fig. 11 muestra un preámbulo modificado 960 configurado para la transmisión a través de un sistema provisto de dos antenas transmisoras (que no se muestran), según otra realización de la presente invención. La parte de preámbulo 960₁ del preámbulo 960 está configurada para la transmisión desde la segunda antena transmisora. Tal como se muestra, la parte de preámbulo 960₁ incluye una secuencia de entrenamiento corta (símbolos), un intervalo de guarda, tonos impares de una secuencia de entrenamiento larga y un campo de Señal. Tal como se muestra, la parte de preámbulo 960₂ incluye una secuencia de entrenamiento corta, un intervalo de guarda, tonos impares modificados de una secuencia de entrenamiento larga y un campo de Señal. Cada una de las partes de preámbulo 960₁ y 960₂ se puede obtener o no a partir de un preámbulo del 802.11a. Tal como se muestra, el campo de señal de la parte de preámbulo 960₁ incluye los tonos impares del campo de señal de, por ejemplo, el 802.11a. Tal como se muestra, el campo de señal de la parte de preámbulo 960₂ incluye tonos pares modificados del campo de señal de, por ejemplo, un preámbulo del 802.11a. La secuencia de entrenamiento corta de la parte de preámbulo 960₂ presenta un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto a la secuencia de entrenamiento corta de la parte de preámbulo 960₁, pero también se pueden utilizar otros desplazamientos cíclicos.

15

20

25

[0069] Los símbolos de entrenamiento impares del preámbulo 960₁ se forman multiplicando los tonos de los símbolos de entrenamiento largos por el patrón {0, 1, 0, 1, 0, 1, 0...}, suponiendo que los índices de los tonos son 0, 1, 2..., N_c-1, en los que se supone que 0 es la subportadora DC y N_c es igual al número de subportadoras. Los símbolos de entrenamiento pares y el campo de señal modificados de la parte de preámbulo 960₂ se forman multiplicando los tonos pares de los correspondientes símbolos de entrenamiento largos y campos de señales por el patrón {1, -1, 1, -1, 1, -1...}, es decir, multiplicando los tonos originales no modificados por el patrón {1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0...}. Los tonos en las partes de preámbulo 960₁ y 960₂ son ortogonales. Además, el patrón {1, -1, 1, -1, 1, -1...} que se utiliza para generar los tonos pares modificados permite al transmisor detectar que el preámbulo transmitido, que se muestra en la fig. 11, no es un preámbulo heredado.

30

35

[0070] La fig. 12 muestra un preámbulo modificado 970 configurado para la transmisión a través de un sistema provisto de cuatro antenas transmisoras (que no se muestran), según otra realización de la presente invención. El preámbulo 970 incluye las partes de preámbulo 970₁, 970₂, 970₃ y 970₄, cada una de las cuales incluye dos intervalos de guarda y dos secuencias de entrenamiento largas ampliadas. Las secuencias de entrenamiento cortas de las partes de preámbulo 970₂, 970₃ y 970₄ presentan unos desplazamientos cíclicos respectivos de 200 ns, 400 ns y 600 ns con respecto a la secuencia de entrenamiento corta de la parte de preámbulo 970₁. Los intervalos de guarda de la parte de preámbulo 970₁ se generan tomando la última parte de la representación en el dominio temporal de los tonos impares de la secuencia de entrenamiento larga o la secuencia ELT de la parte de preámbulo 970₁, y los intervalos de guarda de la parte de preámbulo 970₂ se obtienen de manera similar tomando la última parte de la representación en el dominio temporal de la secuencia de entrenamiento larga o secuencia ELT de la parte de preámbulo 970₂.

40

45

[0071] Cada una de las secuencias ELT primera y segunda del preámbulo 970₁ incluye únicamente los tonos impares y cada una de las secuencias ELT primera y segunda del preámbulo 970₂ incluye únicamente los tonos pares modificados, es decir, tono par modificado por el patrón {1, -1, 1, -1, 1, -1...}. La primera y la segunda secuencia ELT del preámbulo 970₃ incluyen únicamente los tonos impares que se desplazan cíclicamente 50 ns con respecto a la correspondiente secuencia ELT del preámbulo 970₂. La primera y la segunda secuencia ELT del preámbulo 970₄ incluyen únicamente los tonos pares modificados que se desplazan cíclicamente 50 ns con respecto a la correspondiente secuencia ELT del preámbulo 970₃. Además, se utiliza un código de Walsh, de tal manera que la primera y la segunda secuencia ELT de los preámbulos 970₁ y 970₂ y las primeras secuencias ELT del preámbulo 970₃ y 970₄ se multiplican por 1, y las segundas secuencias ELT de los preámbulos 970₃ y 970₄ se multiplican por -1. Esto permite la separación entre TX1 y TX2 en un lado y TX3 y TX4 en el otro lado. El desplazamiento cíclico se

50

55

utiliza para aumentar el entrenamiento de los canales a partir de TX1 y TX2, y TX3 y TX4, respectivamente.

[0072] El campo de señal del preámbulo 970₁ incluye únicamente los tonos impares, y el campo de señal del preámbulo 970₂ incluye únicamente los tonos pares modificados. El campo de señal del preámbulo 970₃ incluye únicamente los tonos impares y presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto al campo de señal del preámbulo 970₂. El campo de señal del preámbulo 970₄ incluye únicamente los tonos pares modificados y presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto al campo de señal del preámbulo 970₃.

[0073] Según algunas realizaciones de la presente invención, un preámbulo de modo mixto incluye preámbulos heredados, así como preámbulos modificados. La fig. 13 muestra un preámbulo de modo mixto ejemplar 1000 configurado para la transmisión desde un sistema provisto de dos antenas transmisoras, según una realización de la presente invención. El preámbulo de modo mixto ejemplar 1000 incluye una porción de preámbulo del 802.11a/g heredada 1050, que se puede modificar para indicar que se ha añadido una parte de entrenamiento ampliada 1060, tal como se describe anteriormente. El preámbulo de modo mixto 1000 incluye el preámbulo 1000₁ que se transmite desde la primera antena y el preámbulo 1000₂ que se transmite desde la segunda antena. La secuencia de entrenamiento corta 1005₁, el intervalo de guarda 1010₁, la secuencia de entrenamiento larga 1015₁, y el campo de señal 1020₁ forman, combinados, una porción de preámbulo del 802.11a/g heredada 1000₁ que se transmite desde la primera antena transmisora. El intervalo de guarda 1025₁, la secuencia ELT 1030₁ y el campo de señal 1035₁ forman la porción de preámbulo modificada (ampliada) de 1000₁. De manera similar, la secuencia de entrenamiento corta 1005₂, el intervalo de guarda 1010₂, la secuencia de entrenamiento larga 1015₂ y el campo de señal 1020₂ forman, combinados, una porción de preámbulo del 802.11a/g heredada del preámbulo 1000₂ que se transmite desde la primera antena transmisora. El intervalo de guarda 1025₂, la secuencia ELT 1030₂ y el campo de señal 1035₂ forman la porción de preámbulo ampliada del preámbulo 1000₂ que se transmite desde la segunda antena.

[0074] Los diversos campos de la porción de preámbulo del 802.11a/g del preámbulo 1000₂ se desplazan cíclicamente con respecto a los diversos campos de la porción de preámbulo del 802.11a/g del preámbulo 1000₁. De manera similar, los diversos campos de la porción de preámbulo ampliada del preámbulo 1000₂ se desplazan cíclicamente con respecto a los diversos campos de la porción de preámbulo ampliada del preámbulo 1000₁. Por ejemplo, en la realización ejemplar que se muestra en la fig. 13, la secuencia de entrenamiento corta 1005₂ de la segunda antena transmisora presenta un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto a la secuencia de entrenamiento corta 1005₁ de la primera antena transmisora. De manera similar, la secuencia de entrenamiento larga 1015₂ de la segunda antena transmisora presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto a la secuencia de entrenamiento larga 1015₁ de la primera antena transmisora. El campo de Señal 1020₂ de la segunda antena transmisora presenta un desplazamiento cíclico de 50 ns con respecto al campo de Señal 1020₁, de la primera antena transmisora. La secuencia ELT 1030₂ de la segunda antena transmisora presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto a la secuencia ELT 1030₁ de la primera antena transmisora. El campo de Señal 1035₂ de la segunda antena transmisora presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al campo de Señal 1035₁ de la primera antena transmisora.

[0075] Las porciones de preámbulo ampliadas del preámbulo 1000, es decir, las que se identifican con los números de referencia 1020₁, 1025₁, 1030₁ y 1035₁ de la primera antena transmisora, así como 1020₂, 1025₂, 1030₂ y 1035₂ de la segunda antena transmisora, proporcionan símbolos de entrenamiento eficientes para muchos sistemas, tales como sistemas MIMO OFDM. Por lo tanto, cuando forman parte de la red tanto dispositivos heredados como dispositivos ampliados, tales como los dispositivos MIMO OFDM, tanto los dispositivos heredados como los ampliados son capaces de recibir y procesar los preámbulos.

[0076] Mediante la utilización de los uno o más bits del preámbulo, (por ejemplo, estableciendo el bit reservado en el campo de señal de la porción heredada del preámbulo) o mediante la autodetección de una segunda secuencia de entrenamiento que sigue al campo de señal heredado, se activan dispositivos ampliados que permiten, por ejemplo, la estimación de canales después de recibir la porción heredada del preámbulo. Una ventaja de que un preámbulo modificado siga a un preámbulo heredado es la compatibilidad con versiones anteriores del nivel PHY. Por tanto, no se necesitan mecanismos de protección del MAC para comunicarse a tasas ampliadas, lo que da lugar a una eficiencia mejorada.

[0077] La fig. 14 muestra un preámbulo de modo mixto ejemplar 1100, según otra realización de la presente invención, configurado para la transmisión desde un sistema provisto de dos antenas transmisoras. El preámbulo de modo mixto ejemplar 1100 incluye una porción de preámbulo del 802.11a/g heredada 1110, así como una porción de preámbulo modificada 1120. La porción de preámbulo del 802.11a/g heredada 1110 es similar a la porción de

preámbulo del 802.11a/g heredada 1050 de la fig. 13. El intervalo de guarda de la porción de preámbulo 1100₁, configurado para la transmisión desde la primera antena transmisora, se genera tomando la última parte de la representación en el dominio temporal de los tonos impares de la secuencia de entrenamiento larga o secuencia ELT de los preámbulos 1001₁, y el intervalo de guarda de la parte de preámbulo 1100₂ se obtiene de modo similar tomando la última parte de la representación en el dominio temporal de la secuencia de entrenamiento larga de 1100₂. La secuencia ELT de la porción de preámbulo 1100₁ solo incluye los tonos impares. La secuencia ELT de la porción de preámbulo 1100₂ solo incluye tonos pares modificados que se generan multiplicando los tonos no modificados originales por la secuencia {1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1...}. De manera similar, el campo de señal de la porción de preámbulo 1100₁ solo incluye los tonos impares. El campo de señal de la porción de preámbulo 1100₂ solo incluye tonos pares modificados que se generan multiplicando los tonos no modificados originales por la secuencia {1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1...}. El preámbulo de modo mixto, según cualquiera de las realizaciones ejemplares descritas anteriormente, permite a los dispositivos heredados llevar a cabo un aplazamiento para dispositivos ampliados si han recibido correctamente la parte heredada del preámbulo de modo mixto.

15 **[0078]** La fig. 15A (que también se muestra en la fig. 2 como la secuencia L2, a excepción de que el tono DC en la secuencia L2 está dispuesto al principio de la secuencia) muestra los 64 tonos de una secuencia ELT 1200 adaptados para un canal de 20 MHz, según una realización de la presente invención. Por consiguiente, se transmite energía en cada uno de los tonos, excepto en el tono DC. La secuencia ELT 1200 incluye los tonos dispuestos en la secuencia de entrenamiento larga del 802.11a, que se muestran en la fig. 15B. De este modo, la secuencia ELT 20 1200 contiene, junto a la información de subportadora del 802.11, en los índices de subportadora 27,..., 31, los valores -1, -1, -1, 1, -1 y, en los índices de subportadora -32,..., -27, los valores -1, -1, 1, 1, 1, 1. Los diversos tonos de la secuencia ELT 1200 se seleccionan de tal manera que la potencia de pico-promedio de la secuencia ELT 1200 es tan solo unas pocas décimas de dB mayor que la potencia de pico-promedio de la secuencia de entrenamiento larga del 802.11a.

25 **[0079]** La fig. 16A (que también se muestra en la fig. 2 como la secuencia L4, a excepción de que el tono DC en la secuencia L4 está dispuesto al principio de la secuencia) muestra los 128 tonos de una secuencia ELT 1300 adaptados para un canal de 40 MHz, según una realización de la presente invención. Por consiguiente, se transmite energía en cada uno de los tonos, excepto el tono DC. La secuencia ELT 1400 incluye los tonos dispuestos en la secuencia de entrenamiento larga del 802.11a, que se muestran en la fig. 16B. La secuencia ELT 1300 contiene, junto a las dos copias del 802.11a, en los índices de subportadora -64,..., -59, los valores -1, -1, 1, 1, 1, 1; en el índice de subportadora -32, el valor -1; en los índices de subportadora -5,..., -1, los valores -1, -1, -1, 1, -1; en los índices de subportadora 1,..., 5, los valores -1, 1, 1, 1, 1, en el índice de subportadora 32, el valor -1 y, en los índices de subportadora 58,..., 63, los valores -1, -1, -1, 1, -1.

35 **[0080]** Los tonos fuera de banda (pilotos) en cada una de las secuencias ELT 1200 y 1300 se atenúan mediante el filtrado del transmisor, por lo que ejercen un efecto relativamente mínimo sobre la máscara espectral. Además, los tonos ampliados se seleccionan de manera que se reduce al mínimo cualquier imprecisión debida a la interpolación.

40 **[0081]** El trazado continuo 1400 de la fig. 17 muestra la densidad de potencia espectral en función de la frecuencia, promediada a lo largo de todo el paquete, asociada con la secuencia de entrenamiento larga 1200, que se muestra en la fig. 15A. El trazado discontinuo 1500 muestra la máscara espectral tal como se define en el estándar 802.11a. Como se observa en la fig. 17, el espectro de la secuencia 1200 cumple los requisitos espectrales 45 del estándar 802.11a.

[0082] La fig. 18 muestra un campo de señal modificado 1600, según una realización de la presente invención. El campo de Señal 1600 utiliza una mayor densidad de constelación que el 802.11a/g. El campo de Señal 1600 utiliza una modulación por desplazamiento de fase cuadrivalente (QPSK) en lugar de la modulación por desplazamiento de fase bivalente (BPSK) para mantener la duración del campo de señal de 4 μ s (igual que en el 802.11a/g), mientras que contiene el doble de datos. El campo de Señal 1600 incluye 48 bits, de los cuales se utilizan 6 bits para indicar el modo, se utilizan 16 bits para indicar la longitud, se utilizan 16 bits para la CRC en la comprobación de errores, se utiliza 1 bit para indicar la última PSDU del cuadro, 3 bits son bits de reserva y a 6 bits se les asigna un valor cero para permitir que el codificador convolucional que se especifica en el estándar 802.11a 55 vuelva al estado cero.

[0083] En el lado del receptor, las estimaciones de canales para cada señal de transmisor se pueden estimar mediante un procedimiento como el que se muestra en la fig. 19. Como se muestra allí, el proceso comienza con la recepción de señales y el muestreo para la secuencia de entrenamiento larga (etapa S1). Después, se realiza una

FFT de 64 puntos (o una FFT de 128 puntos para modos de 40 MHz, etc.) de las muestras de la secuencia de entrenamiento larga recibidas (etapa S2), al igual que se realiza para la recepción del preámbulo del 802.11a. A continuación, se multiplica cada subportadora por valores de pilotos conocidos (etapa S3), y se toma una IFFT del resultado para obtener una estimación de respuesta a impulsos de 64 puntos, 128 puntos, etc. (etapa S4).

5

[0084] En el caso de una transmisión MIMO, por ejemplo, el preámbulo de las figs. 9A, 9B y 9C en un ancho de banda de 20 MHz, estas 64 muestras contienen las respuestas a los impulsos desplazadas cíclicamente de la totalidad de los diferentes transmisores. Con ello, el receptor puede aislar las respuestas a los impulsos para cada transmisor MIMO (etapa S5). Para un MIMO con dos flujos de transmisión, se puede llevar a cabo separando las 32 primeras muestras y las 32 últimas muestras. Para cuatro flujos de transmisión, se pueden extraer grupos de 16 muestras.

10

[0085] A partir de las respuestas a los impulsos extraídas por cada transmisor, se pueden obtener estimaciones de canales (etapa S6) para todas las subportadoras tomando una FFT de 64 puntos de cada respuesta a los impulsos, en la que a los valores de las muestras se les añaden valores cero para obtener 64 valores de entrada.

15

Modos de señalización ampliada

20 **[0086]**

Existen diversas maneras de señalar el modo que se utiliza:

[0087] 1) Balizamiento: cada punto de acceso transmite balizas de manera regular. Al transmitir estas balizas con una tasa del 802.11a heredada en todos los canales de 20 MHz utilizados por el punto de acceso, se puede garantizar que cualquier dispositivo puede recibir estas balizas. La baliza puede contener información acerca de qué canales de utilizan simultáneamente y qué modos ampliados se admiten, de manera que cada dispositivo ampliado puede ajustar su modo de manera correspondiente.

25

[0088] 2) Detección de transmisores múltiples: Si se utiliza un símbolo de entrenamiento largo especial, entonces se pueden utilizar estas propiedades de entrenamiento largo especial para detectar si un paquete es un paquete MIMO. Por ejemplo, si se utiliza el símbolo de entrenamiento largo desplazado cíclicamente con dos transmisores MIMO, el receptor puede detectarlo comprobando si la respuesta a los impulsos combinada (obtenida en la anterior etapa S4) contiene dos respuestas a los impulsos diferentes, separadas a una distancia de 32 muestras.

30

[0089] 3) Campo de Señal: El bit reservado del campo de Señal se puede utilizar para señalar la utilización de MIMO. También es posible ampliar el campo de Señal transmitiendo un símbolo extra. En Boer se muestra un ejemplo de esto. En el campo de Señal hay un bit reservado que siempre es cero para dispositivos 802.11a, pero se le podría asignar un valor de 1 para señalar paquetes MIMO. También es posible enviar un símbolo de campo de señal extra tras el símbolo del 802.11a normal para señalar tasas MIMO.

35

40

[0090] 4) Pilotos fuera de banda: Se pueden utilizar los pilotos fuera de banda del símbolo de entrenamiento largo que no están presentes en 802.11a para señalar diferentes modos. Por ejemplo, las subportadoras 28 a 38 en L_1 son cero, pero se les podrían asignar (como con L_2 , L_3 , etc.) algunos valores arbitrarios, pero conocidos. El receptor puede utilizar la presencia de estas subportadoras como una manera de detectar modos MIMO y el patrón concreto de la presencia para la detección entre varios modos.

45

[0091] 5) Subportadoras fuera de banda en el campo de Señal: se pueden utilizar subportadoras extra para señalar diferentes modos ampliados. La utilización de subportadoras extra posee las siguientes ventajas: a) no supone un coste extra de sobrecarga de preámbulo y b) un dispositivo del 802.11a heredado ignora las subportadoras fuera de banda.

50

REIVINDICACIONES

1. Una secuencia de entrenamiento que comprende N preámbulos (900, 910, 950, 960, 970, 1000, 1100) configurados respectivamente para la transmisión desde al menos N antenas de un sistema de comunicación inalámbrica que se ajusta al estándar 802.11, comprendiendo cada uno de los N preámbulos (900, 910, 950, 960, 970, 1000, 1100):

un campo de secuencias de entrenamiento cortas (920, 1005);
 un campo de secuencias de entrenamiento largas (930, 1015, 1030); y
 10 un campo de señal (935, 1035);

caracterizado porque

el campo de señal (935, 1035) y al menos uno de entre el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920, 15 1005) y el campo de secuencias de entrenamiento largas (930, 1015, 1030) de al menos uno de los N preámbulos presentan un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas (920, 1005), el campo de secuencias de entrenamiento largas (930, 1015, 1030) y el campo de señal (935, 1035) respectivos de otro de los N preámbulos, y en el que cada preámbulo (1000, 1100) comprende una primera parte (1050, 1110) definida por el estándar 802.11a, y una segunda parte (1060, 1120) que comprende al menos un campo que se 20 puede distinguir del preámbulo definido por el estándar 802.11a.

2. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 1, que comprende al menos un primer (910₁) y un segundo preámbulo (910₂) configurados respectivamente para la transmisión desde al menos una primera y una segunda antena transmisora, en la que:

25 el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁);

el campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento 30 cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁); y

el campo de señal (935) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁).

35 3. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 2, en la que:

el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁);

40 el campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁); y

el campo de señal (935) del segundo preámbulo presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al campo de señal del primer preámbulo.

45

4. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 2, que además comprende un tercer preámbulo (910₃) configurado para la transmisión desde al menos una tercera antena transmisora, en la que:

50 el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo;

el campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del tercer preámbulo presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo; y

55 el campo de señal (935) del segundo preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de señal del primer preámbulo.

5. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 4, en la que:

el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 200 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁) y el campo de secuencias de entrenamiento cortas del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁);

5

el campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 1050 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁) y el campo de secuencias de entrenamiento largas del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico de 2100 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁); y

10

el campo de señal (935) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 1050 ns con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁) y en la que el campo de señal del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico de 2100 ns con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁).

15 6. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 4, que además comprende un cuarto preámbulo (910₄) configurado para la transmisión desde al menos una cuarta antena transmisora, en la que:

el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁);

20 el campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del cuarto preámbulo presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁); y

el campo de señal (935) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁).

25 7. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 6, en la que:

el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 200 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁), el campo de secuencias de entrenamiento cortas del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico de 400 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁) y el campo de secuencias de entrenamiento cortas del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico de 600 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del primer preámbulo (910₁);

30

el campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 800 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁), el campo de secuencias de entrenamiento largas del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁) y el campo de secuencias de entrenamiento largas del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico de 2400 ns con respecto al campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁); y

35

el campo de señal (935) del segundo preámbulo (910₂) presenta un desplazamiento cíclico de 800 ns con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁), el campo de señal del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico de 1600 ns con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁), y el campo de señal del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico de 2400 ns con respecto al campo de señal del primer preámbulo (910₁).

40

8. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en la que cada uno de los preámbulos comprende además un campo de intervalos de guarda (925, 1010) dispuesto entre el campo de secuencias de entrenamiento cortas (1005) y el campo de secuencias de entrenamiento largas (1015).

45

9. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 8, en la que cada uno de los preámbulos comprende además un segundo campo de secuencias de entrenamiento largas (1030) y un segundo campo de intervalos de guarda (1025), en la que el segundo campo de secuencias de entrenamiento largas (1030) está dispuesto entre el segundo campo de intervalos de guarda (1025) y el campo de señal (1035).

50

10. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 9, que comprende un primer, un segundo y un tercer preámbulo, configurados para la transmisión desde al menos una primera, una segunda y una tercera antena transmisora, en la que:

55

- el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del segundo preámbulo (910₂);
 el primer campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al primer campo de secuencias de entrenamiento largas del segundo preámbulo (910₂);
 el segundo campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del tercer preámbulo (910₃) presenta un signo inverso con respecto al segundo campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁);
 el segundo campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al segundo campo de secuencias de entrenamiento largas del segundo preámbulo (910₂); y
 el campo de señal (935) del tercer preámbulo (910₃) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de señal del segundo preámbulo (910₂).
11. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 9, que comprende un primer, un segundo, un tercer y un cuarto preámbulo, configurados para la transmisión desde al menos una primera, una segunda, una tercera y una cuarta antena transmisora, en la que:
- el campo de secuencias de entrenamiento cortas (920) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de secuencias de entrenamiento cortas del tercer preámbulo (910₃);
 el primer campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al primer campo de secuencias de entrenamiento largas del tercer preámbulo (910₃);
 el segundo campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un signo inverso con respecto al segundo campo de secuencias de entrenamiento largas del primer preámbulo (910₁);
 el segundo campo de secuencias de entrenamiento largas (930) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al segundo campo de secuencias de entrenamiento largas del tercer preámbulo (910₃); y
 el campo de señal (935) del cuarto preámbulo (910₄) presenta un desplazamiento cíclico con respecto al campo de señal del tercer preámbulo (910₃).
12. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en la que los campos de intervalos de guarda (925, 1010, 1025) se generan a partir de representaciones en el dominio temporal de las secuencias de entrenamiento largas, preferentemente de representaciones de únicamente los tonos pares o los tonos impares de las secuencias de entrenamiento largas.
13. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en la que los intervalos de guarda (925, 1010, 1025) poseen una duración de 1,6 µs.
14. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 13, en la que los campos de secuencias de entrenamiento cortas (920, 1005) poseen una duración de 8 µs;
 los campos de secuencias de entrenamiento largas (930, 1015, 1030) poseen una duración de 6,4 µs; y
 el campo de señal (935, 1035) posee una duración de 4 µs.
15. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el campo distinguible de la segunda parte (1060, 1120) de cada preámbulo (1000, 1100) comprende al menos uno de entre un campo de secuencias de entrenamiento largas (1030) y un campo de señal (1035).
16. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el campo distinguible de la segunda parte (1060) de un primer preámbulo (1000₁) comprende una pluralidad de tonos definidos mediante los tonos impares del campo correspondiente del estándar 802.11a, y el campo distinguible de la segunda parte (1060) de un segundo preámbulo (1000₂) comprende una pluralidad de tonos definidos mediante la multiplicación de los tonos del campo correspondiente del estándar 802.11a por la secuencia {1, 0, -1, 0, 1, 0, -1,...}.
17. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una secuencia de entrenamiento larga dispuesta en un preámbulo y que representa valores utilizados a lo largo de 64 subportadoras que abarcan un canal de 20 MHz, en la que las subportadoras están espaciadas a 312,5 KHz y se

definen del siguiente modo:

5 {-1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1,
 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1,
 0, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1,
 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1 }.

18. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una secuencia de entrenamiento larga dispuesta en un preámbulo y que representa valores utilizados a lo largo de 64 subportadoras que abarcan un canal de 20 MHz, y que comprende más tonos distintos de cero que el número de tonos distintos de cero dispuestos en la correspondiente secuencia de entrenamiento larga definida por el estándar 802.11.

19. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una secuencia de entrenamiento larga dispuesta en un preámbulo y que representa valores utilizados a lo largo de 128 subportadoras que abarcan un canal de 40 MHz, en la que las subportadoras están espaciadas a 312,5 KHz y se definen del siguiente modo:

20 {-1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1,
 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1,
 -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1,
 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1,
 0, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1,
 25 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1,
 -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1,
 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1 }

20. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una secuencia de entrenamiento larga dispuesta en un preámbulo y que representa valores utilizados a lo largo de 128 subportadoras que abarcan un canal de 40 MHz, y que comprende más tonos distintos de cero que el número de tonos distintos de cero dispuestos en la correspondiente secuencia de entrenamiento larga definida por el estándar 802.11.

21. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un campo de señal que contiene unos bits relacionados con la técnica de modulación por desplazamiento de fase cuadrivalente.

22. La secuencia de entrenamiento de la reivindicación 21, en la que dicho campo de señal comprende además un campo de CRC que tiene 16 bits.

23. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un campo de señal de más de 24 bits.

24. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que solo el tono DC de los tonos dispuestos el campo de secuencias de entrenamiento largas de cada uno de los preámbulos presenta un valor cero.

25. Un procedimiento que comprende etapas de procedimiento para generar la secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

26. Aparato que comprende medios para generar la secuencia de entrenamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24.

27. La secuencia de entrenamiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 24, configurada para ser recibida por un dispositivo inalámbrico.

28. Un dispositivo inalámbrico ampliado adaptado para recibir la secuencia de entrenamiento de la reivindicación 27.

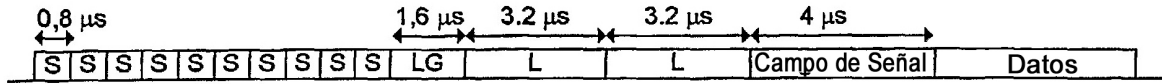


FIG. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

$$L1 = \begin{Bmatrix} 0 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}$$

FIG. 2 (TÉCNICA ANTERIOR)

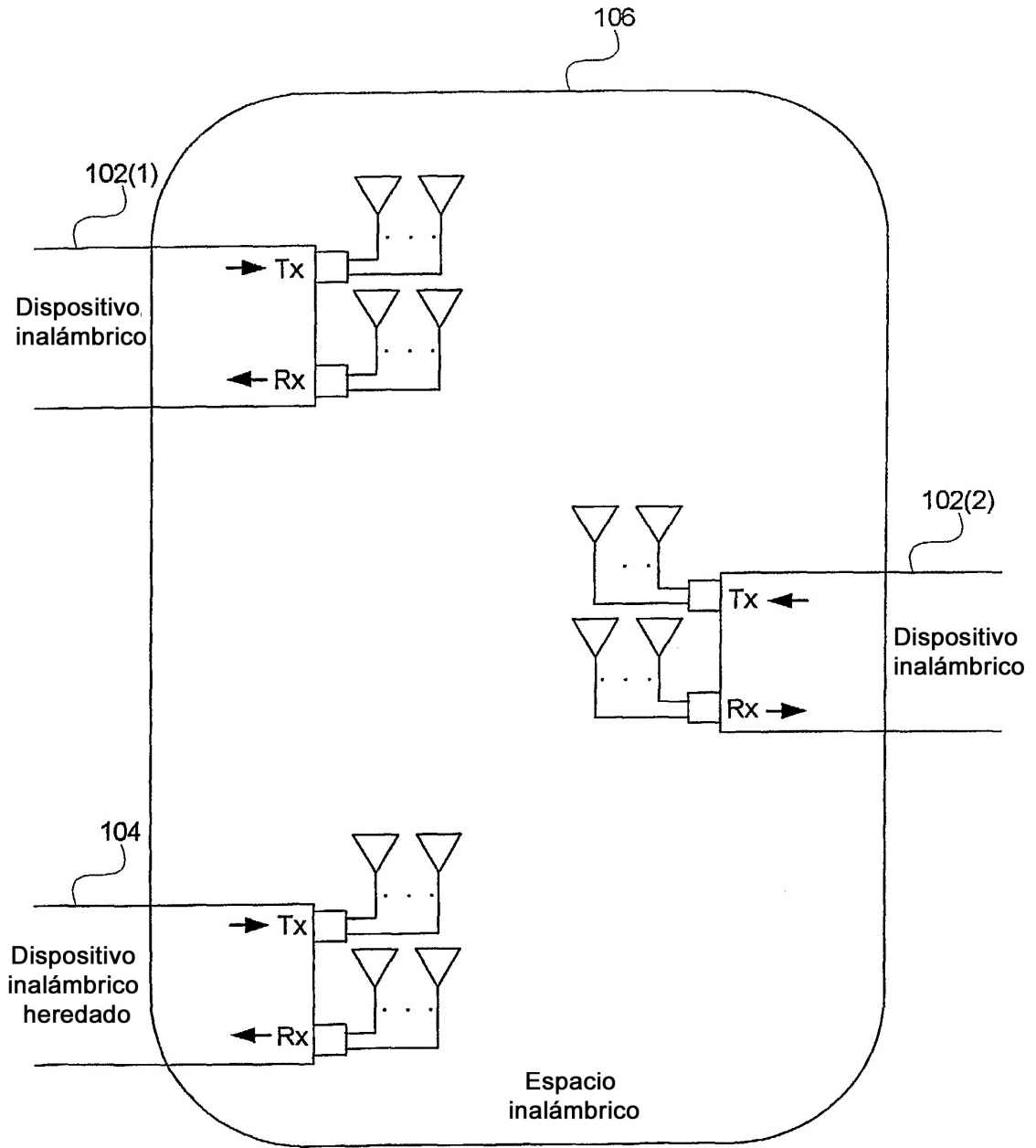


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 \mathbf{L2} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \\
 \mathbf{L3} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \\
 \mathbf{L4} &= \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

FIG. 4

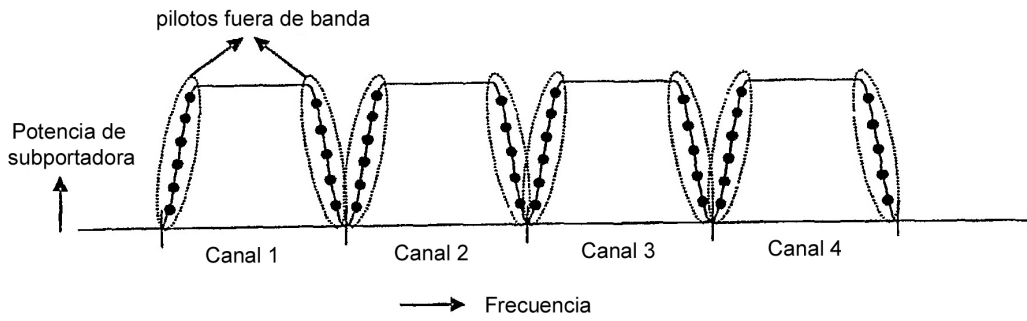


FIG. 5

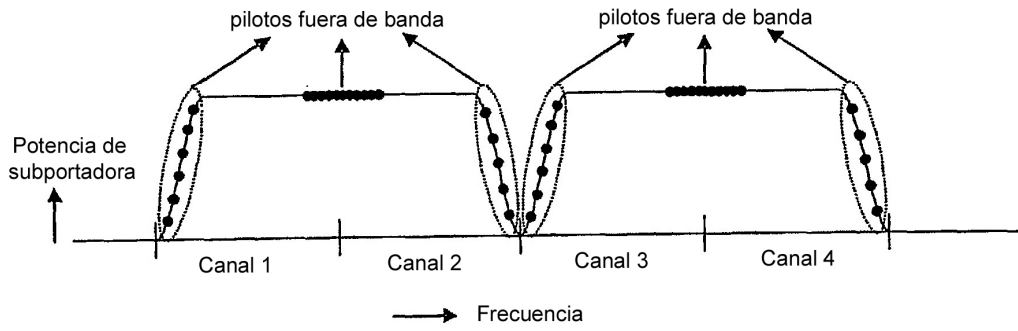


FIG. 6

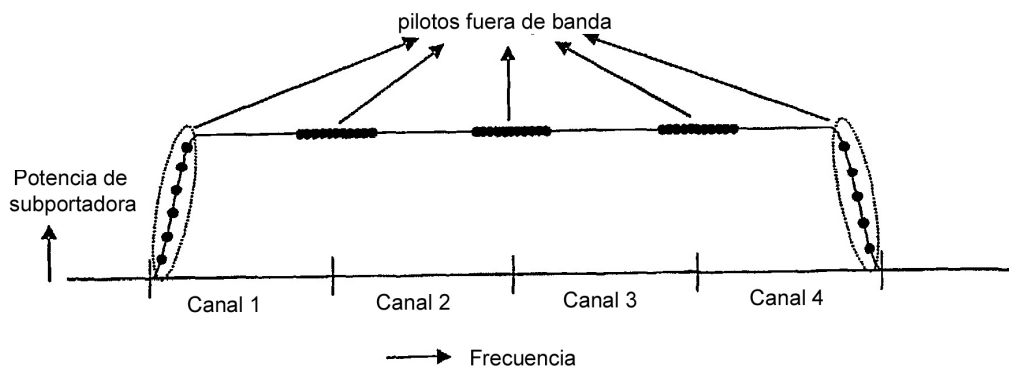


FIG. 7

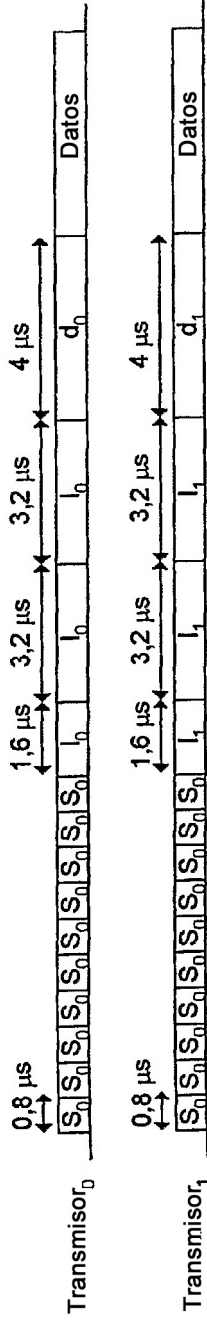


FIG. 8

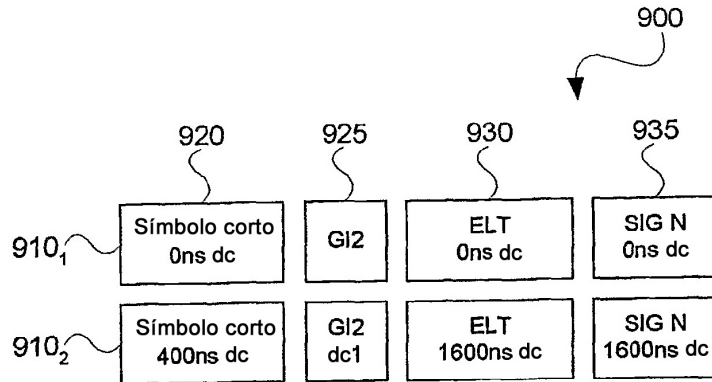


Fig. 9A

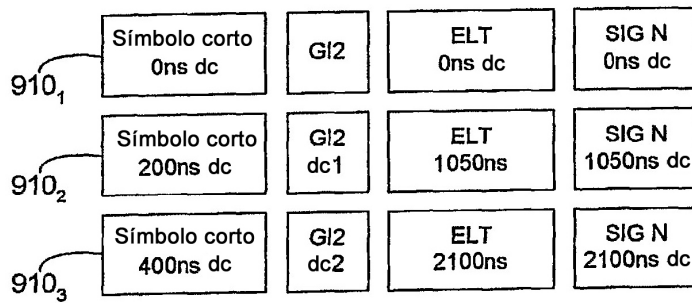


Fig. 9B

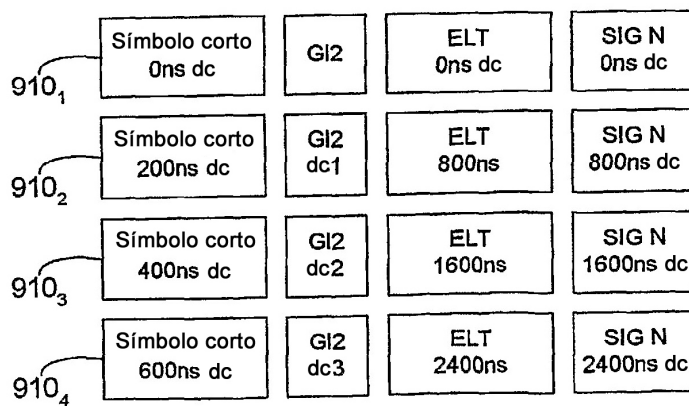


Fig. 9C

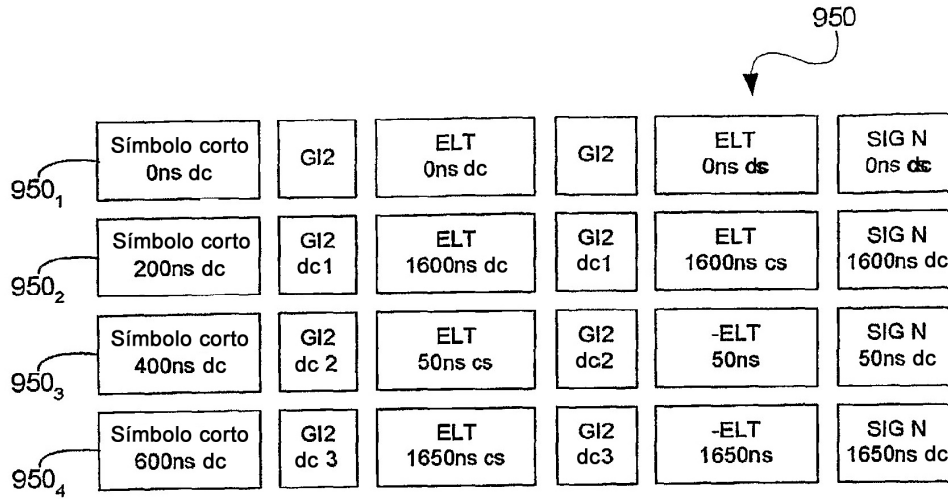


Fig. 10

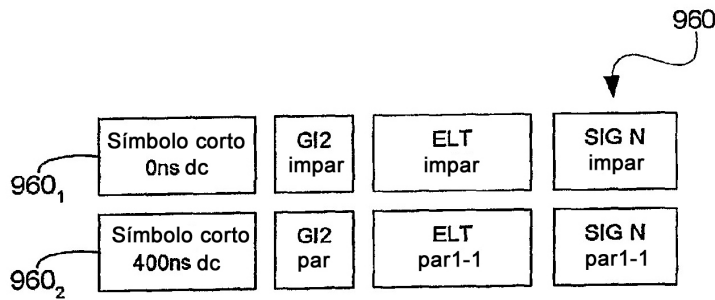


Fig. 11

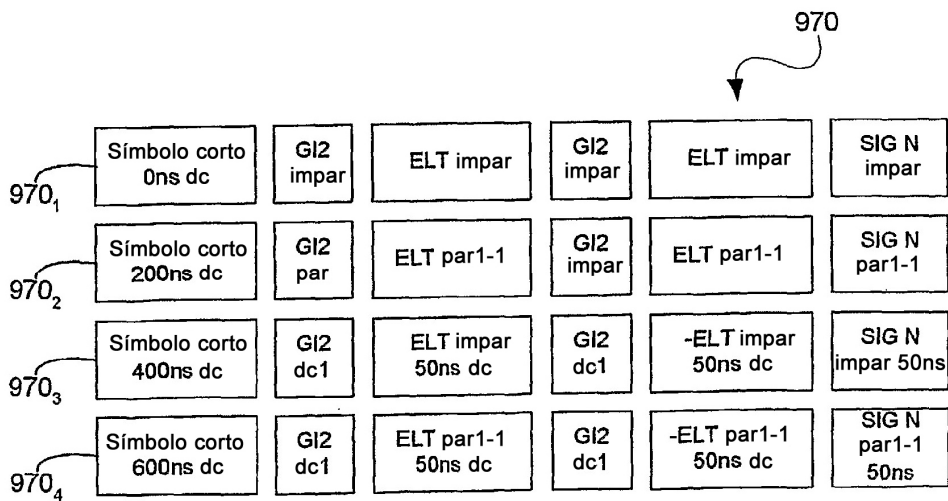


Fig. 12

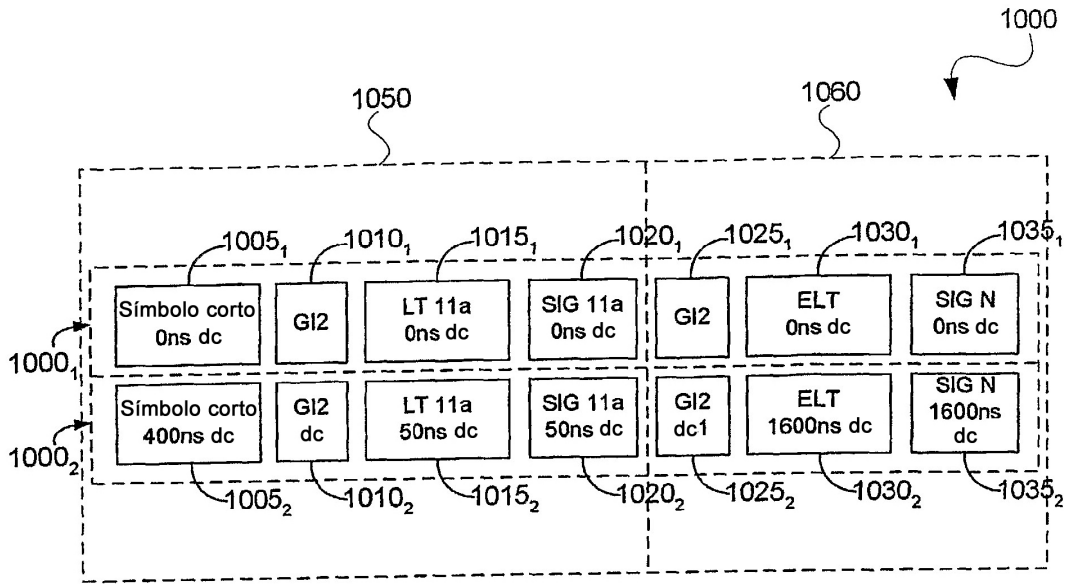


Fig. 13

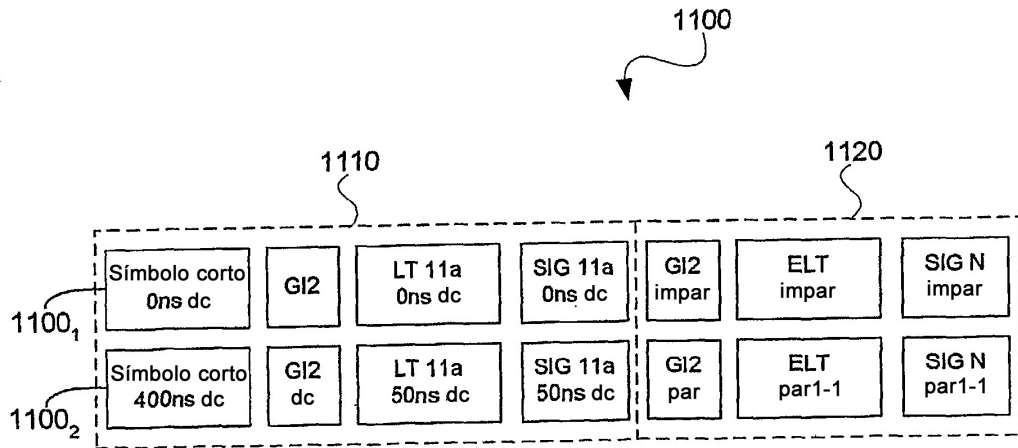



Fig. 14

1200


{ -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1,
 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1,
 0, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1,
 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, }

FIG. 15A

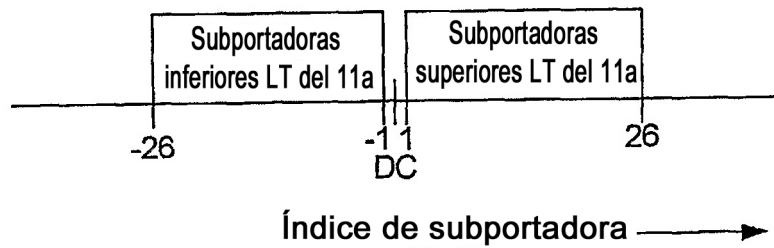


FIG. 15B
 (Técnica Anterior)

1300

↓

```
{ -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1,
  1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1,
 -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1,
  1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1,
  0, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1,
 -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1,
 -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1,
  1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, }
```

FIG. 16A

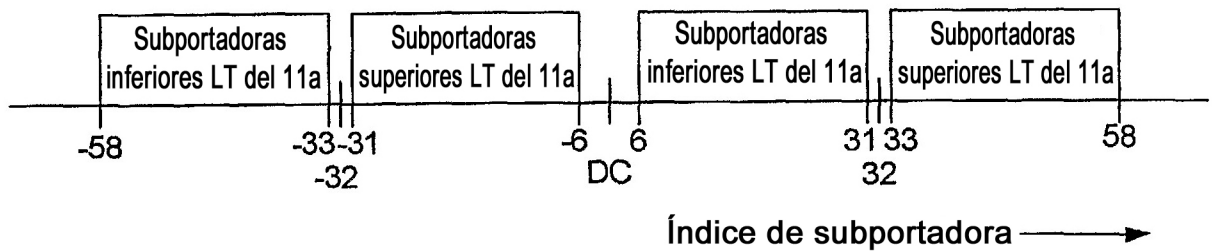


FIG. 16B

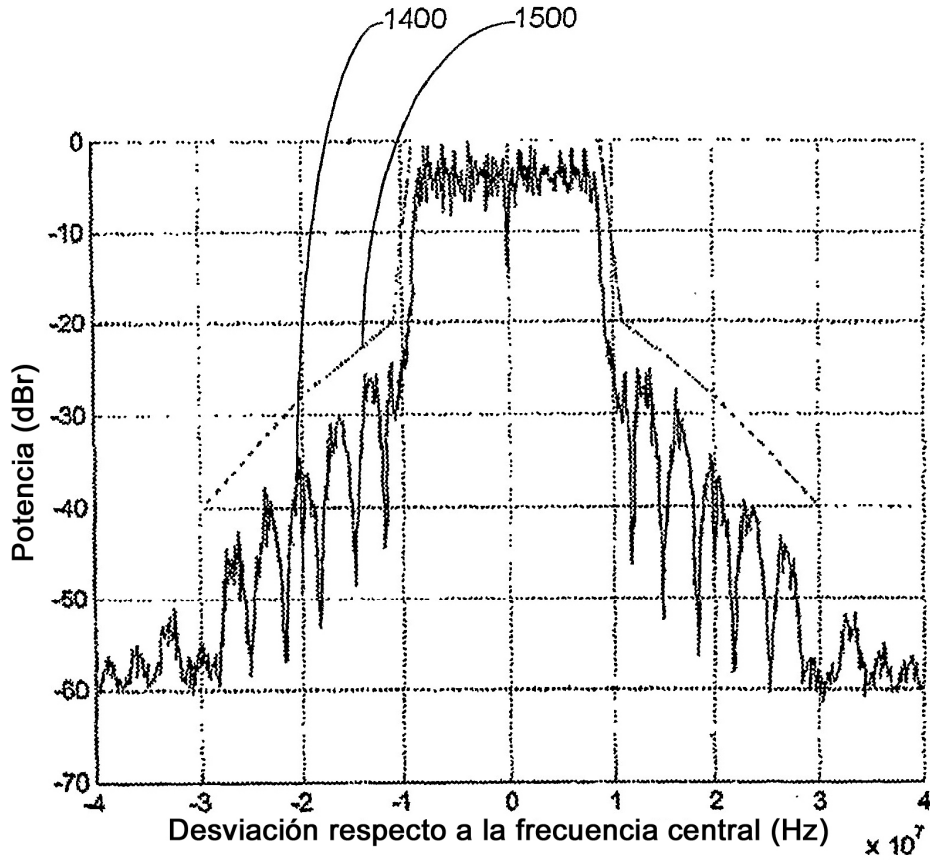


Fig. 17

1600

Campo de Señal del 11n
48 bits (p. ej., QSPK, tasa de codificación = $\frac{1}{2}$)

Modo (6)	Longitud (16)	Última PSDU (1)	Reservado (3)	CRC (16)	Cola (6)
-------------	------------------	--------------------	------------------	-------------	-------------

Fig. 18

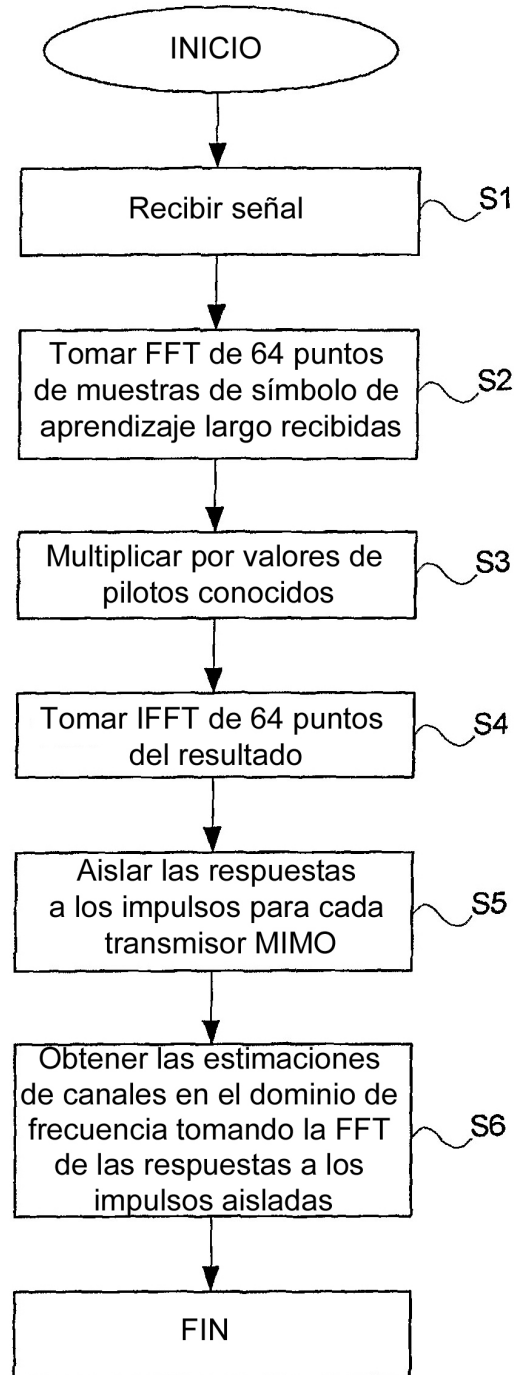


Fig. 19