

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 688**

51 Int. Cl.:

**H04L 1/06** (2006.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2005 PCT/US2005/026058**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2006 WO06012523**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2005 E 05775616 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 1769601**

54 Título: **Tonos piloto en un sistema OFDM de transmisión múltiple utilizados para captar las ventajas de la diversidad del transmisor**

30 Prioridad:

**22.07.2004 US 590615 P**

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

**12.02.2019**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)  
5775 Morehouse Drive, AF-210R  
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**VAN ZELST, ALBERT y  
JONES, VINCENT, K.**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 699 688 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

Tonos piloto en un sistema OFDM de transmisión múltiple utilizados para captar las ventajas de la diversidad del transmisor

5

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

CAMPO DE LA INVENCIÓN

10 **[0001]** La presente invención se refiere a la transmisión inalámbrica en general y en particular a las transmisiones inalámbricas que usan múltiples flujos espaciales y tonos piloto.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15 **[0002]** Con los sistemas OFDM, como los utilizados para las transmisiones del protocolo 802.11, los tonos piloto se utilizan para ayudar con la transmisión y la recepción. Con los sistemas MIMO, o sistemas de transmisión múltiple, surgen complejidades adicionales. Los sistemas MIMO pueden proporcionar ganancias de diversidad de transmisión. Con transmisores inalámbricos simples que usan flujos espaciales de transmisión única en antenas de transmisión únicas, tales beneficios no se obtienen e incluso con algunos esquemas de tono piloto, algunos de los  
20 beneficios pueden no obtenerse.

**[0003]** En un sistema MIMO, los tonos piloto pueden transmitirse utilizando múltiples flujos espaciales de transmisión haciendo un ciclo a través de flujos espaciales, pero entonces la planitud espectral se convierte en un problema y el seguimiento del piloto puede fallar si hay un desvanecimiento en el flujo espacial que se encuentra  
25 portando el tono piloto en el momento. El documento US2004/131007 describe el uso de los códigos de Walsh-Hadamard para proporcionar ortogonalidad entre transmisiones piloto desde diferentes antenas.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCIÓN

30 **[0004]** Una realización de un transmisor que usa una pluralidad de antenas de transmisión proporciona tonos piloto que se pueden usar para capturar los beneficios de la diversidad del transmisor.

**[0005]** La siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos proporcionarán una mejor comprensión de la naturaleza y las ventajas de la presente invención.

35

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

**[0006]**

40 La figura 1 es un diagrama de bloques de un transmisor inalámbrico utilizable con la presente invención.  
La figura 2 es un diagrama de bloques de un receptor inalámbrico utilizable con la presente invención.  
La figura 3 es un diagrama de bloques de una parte del transmisor de la figura 1, que se muestra con mayor detalle.  
La figura 4 proporciona ejemplos de matrices de secuencia de tono piloto; La figura 4(a) es una matriz 2x2 de Walsh-Hadamard (WH); La figura 4 (b) es una matriz de 3x4 que puede usarse con tres flujos espaciales de transmisión en  
45 cuatro períodos de símbolos; La figura 4 (c) es una matriz 4x4 que se puede usar con cuatro flujos espaciales de transmisión en cuatro períodos de símbolos; La figura 4 (d) es una matriz 4x4 alternativa.  
La figura 5 ilustra una señal que recibe un receptor.  
La figura 6 es un diagrama de bloques de una red inalámbrica simple que podría utilizar la presente invención.  
La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra, con más detalle, el acoplamiento entre un dispositivo y una  
50 conexión de red de la red que se muestra en la figura 6.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

**[0007]** En realizaciones de sistemas MIMO o de transmisión múltiple, se utilizan múltiples antenas transmisoras para transmitir una secuencia de bits. Al transmitir a través de múltiples antenas de transmisión, se pueden obtener beneficios de la diversidad de transmisión. Con diversidad de tonos piloto, se puede ajustar mejor el desvanecimiento de la señal. Debe entenderse que, a menos que se especifique lo contrario, los procedimientos y aparatos descritos aquí funcionan donde el receptor es un receptor de antena única o un receptor de antena múltiple.

- [0008]** A lo largo de esta descripción, cuando hay múltiples instancias de un objeto y el número de instancias no es crítico, las instancias se numeran de «1» a «n» con el entendimiento de que el valor de «n» no tiene que ser idéntico de uso en uso. Por ejemplo, «n» se usa como el número de antenas en varios lugares, pero ese número puede variar de un ejemplo a otro. También debe entenderse que aquí nada requiere que se usen todas las instancias.
- 5 Por ejemplo, el transmisor ilustrado en la figura 1 podría diseñarse con diez antenas, pero solo se están utilizando siete de ellas. Esto puede ser para ahorrar energía, ya que no son necesarias cuando un canal es bueno. Por lo tanto, «n» puede tomar diferentes valores en diferentes contextos. En el ejemplo anterior,  $n = 10$  si se cuentan todas las antenas, mientras que  $n = 7$  si solo se cuentan las antenas activas. El número de antenas puede ser de una a veinte, o más de veinte.
- 10 **[0009]** En algunos lugares,  $N$  se utiliza para indicar el número de antenas de transmisión / flujos espaciales de transmisión y  $N_r$  se utiliza para indicar el número de antenas de recepción / flujos espaciales de recepción. Sin pérdida de generalidad, muchos de los ejemplos en este documento asumen un mapeo directo desde el número de flujos de información espacial en el transmisor ( $N_s$ ) al número de antenas de transmisión ( $N_t$ ), es decir,  $N_s = N_t$ , y cuando se
- 15 usa un valor, se puede usar el otro, a menos que se indique lo contrario. Debe entenderse que, cuando  $N_s$  no es igual a  $N_t$ , el mapeo piloto aún podría aplicarse en base a las antenas de transmisión  $N_t$  a través del mapeo directo (es decir, multiplexación espacial), o al número de flujos espaciales utilizando el mismo mapeo espacial como se aplica a los datos para mapear los flujos espaciales  $N_s$  en las antenas de transmisión  $N_t$ .
- 20 **[0010]** Debe entenderse a lo largo de esta descripción que las líneas mostradas en las figuras podrían ser líneas de señal digital para comunicar una secuencia de tiempo de cantidades de valores complejos. Debe entenderse además que los objetos del operador, como los veranos, pueden ser veranos complejos. En otros casos, las señales comunicadas pueden ser señales analógicas, señales de control o flujos de uno o más valores.
- 25 **[0011]** La figura 1 es un diagrama de bloques de un transmisor inalámbrico 100 que podría usar esquemas de tono piloto descritos en este documento. Como se muestra, el transmisor inalámbrico 100 comprende un codificador 102 con una entrada para recibir los datos a transmitir a un receptor inalámbrico (o múltiples receptores inalámbricos). El codificador 102 podría codificar datos para FEC, cifrado, empaquetado y / u otras codificaciones conocidas para su uso con transmisión inalámbrica. La salida del codificador 102 se proporciona a un mapeador 104 que mapea los
- 30 datos codificados en las dimensiones de frecuencia espacio-temporales (STF) del transmisor. Las dimensiones representan varias construcciones que permiten la asignación de datos. Un bit dado o un conjunto de bits (que podría involucrar solo una agrupación de bits, o un conjunto de bits que corresponden a un punto de constelación) se asigna a un lugar particular entre las dimensiones. En general, los bits y / o señales mapeadas a diferentes lugares entre las dimensiones se transmiten desde el transmisor de manera que se espera que sean, con cierta probabilidad,
- 35 diferenciables en un receptor.
- [0012]** Se transmite un flujo espacial desde el transmisor de tal manera que se espera que las transmisiones en diferentes flujos espaciales sean, con cierta probabilidad, diferenciables en un receptor. Por ejemplo, los bits asignados a una dimensión espacial se transmiten como un flujo espacial. Esa corriente espacial podría transmitirse
- 40 en su propia antena espacialmente separada de otras antenas, su propia superposición ortogonal sobre una pluralidad de antenas separadas espacialmente, su propia polarización, etc. Muchas técnicas para la separación de flujos espaciales (que involucran la separación de antenas en el espacio u otras técnicas que permitirían que sus señales se distingan en un receptor) son conocidas y pueden ser utilizadas.
- 45 **[0013]** En el ejemplo que se muestra en la figura 1, hay  $N$  [flujos espaciales (que se muestran con tantas antenas, pero no siempre es el caso). Los ejemplos de  $N_i$  incluyen 2, 3, 4, 10 u otro número mayor que uno. En algunos casos, solo un flujo espacial podría estar disponible debido a la inactivación de los otros, pero debe entenderse que algunos beneficios de los esquemas descritos aquí solo se acumulan con más de un flujo espacial.
- 50 **[0014]** Cuando el transmisor transmite utilizando una pluralidad de subportadores de frecuencia, existen múltiples valores para la dimensión de la frecuencia, de manera que el mapeador 104 podría asignar algunos bits a un subportador de frecuencia y otros bits a otro subportador de frecuencia. Los subportadores de frecuencia utilizados para los datos pueden ser los especificados por un estándar 802.11 para subportadores de datos. Otros subportadores de frecuencia pueden reservarse como bandas de guarda, subportadores de tono piloto o similares que no (o no
- 55 siempre) transportan datos. En el ejemplo que se muestra en la figura 1, hay  $N_c$  subportadores de datos. Los ejemplos de  $N_c$  incluyen 52, 56, 114, 116 u otros números mayores que uno para OFDM. Es posible usar estas técnicas para sistemas de subportador único, como tener un mapeo piloto espacio-temporal en el que los tonos piloto y los datos se multiplexan por división de tiempo en el subportador, pero la mayor parte de los ejemplos en este documento asumen una pluralidad de subportadores y eso sería de esperar donde hay mapeo de frecuencia espacio-temporal.

- [0015]** La dimensión de tiempo se refiere a períodos de símbolo y diferentes bits podrían asignarse a diferentes períodos de símbolo. Donde hay múltiples flujos espaciales, múltiples subportadores y múltiples períodos de símbolos, la transmisión de un período de símbolos se puede denominar como un símbolo «OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal) MIMO (entradas múltiples, salidas múltiples)». La velocidad de transmisión de los datos codificados se puede determinar multiplicando el número de bits por símbolo simple ( $\log_2$  del número de constelaciones utilizadas) por el número de flujos espaciales por el número de subportadores de datos dividido por la longitud del período del símbolo.
- 10 **[0016]** Por lo tanto, el mapeador 104 asignaría bits (u otras unidades de datos de entrada) a subportadores de datos de flujos espaciales y períodos de símbolos. Como se muestra en la figura 1, los flujos espaciales separados siguen caminos separados. En algunas implementaciones, estas rutas se implementan con un hardware distinto, mientras que en otras implementaciones, la ruta del hardware se reutiliza para más de una secuencia espacial o la lógica de la ruta se implementa en un software que se ejecuta para una o más secuencias espaciales. Los elementos
- 15 de cada uno de los flujos espaciales se muestran con números de referencia, con instancias de elementos similares que tienen el mismo número de referencia y la instancia se indica entre paréntesis.
- [0017]** El mapeador 106 de QAM mapea los datos proporcionados por el mapeador 104 en constelaciones. Por ejemplo, cuando se utiliza QAM (modulación de amplitud en cuadratura), el mapeador QAM 106 podría proporcionar
- 20 cuatro bits por secuencia espacial, por subportadora de datos, por período de símbolo y emitiría una señal de constelación de 16 QAM para cada corriente espacial para cada subportadora de datos para cada período de símbolo (creando rutas de datos de serie a paralelo (S / P)). Se pueden usar otras modulaciones, como 64-QAM, que daría como resultado un consumo de seis bits de flujo perspacial, por subportador de datos, por período de símbolo. Otras variaciones también son posibles.
- 25 **[0018]** Como se muestra, las salidas del mapeador QAM 106 se extienden sobre las dimensiones espaciales y de frecuencia. Un insertador de tono piloto 108 inserta tonos piloto para los subportadores de tono piloto. La recopilación de estas señales se proporciona para transformar de manera inversa las unidades 1 10 mediante la transformada rápida de Fourier (IFFT) que convierte las señales de frecuencia de los datos y los tonos piloto insertados
- 30 en señales en el dominio del tiempo, representados por el vector  $z(k)$  que representa la señal sobre las muestras sobre los flujos espaciales y de dominio temporal para el período de símbolo  $k$ .
- [0019]** La señal de dominio de tiempo se procesa a continuación por los formateadores 112 (mostrados como uno por flujo espacial), que toman la salida de las unidades de FFT 110, las convierten de señales paralelas a serie
- 35 (PIS) y agregan un prefijo cíclico, ventanas de intervalo de guarda, etc. y a continuación se proporcionan como señales (representadas por el vector  $u(n)$ ) a los convertidores de digital a analógico (DAC) 114, que a su vez proporcionan señales analógicas a los bloques de radiofrecuencia (TX RF) del transmisor que emiten señales de RF a las antenas, transmitiendo así la entrada de datos al codificador 102 a través de un medio inalámbrico configurado adecuadamente para ser recibido por los receptores inalámbricos.
- 40 **[0020]** Como se sabe en la técnica de las transmisiones MIMO, la ganancia de diversidad de transmisión es una ganancia en un receptor de tal manera que la diversidad de los flujos de transmisión mejora la tasa de error de paquetes (PER) frente a la relación señal-ruido (SNR). Usando algunas de las técnicas explicadas en este documento, un receptor puede caracterizar mejor las deficiencias del canal de comunicación y / o el transmisor y / o las deficiencias
- 45 del receptor, como el ruido de fase y la frecuencia, lo que hace que el receptor pueda decodificar mejor los datos transmitidos frente a distorsión de la(s) señal(es) introducida(s) por el canal de comunicación y / o las degradaciones del transmisor y / o las degradaciones del receptor.
- [0021]** La figura 2 es un diagrama de bloques de un receptor inalámbrico 200 que podría recibir y usar señales
- 50 de un transmisor inalámbrico como las que se describen en este documento. Preferiblemente, el receptor inalámbrico 200 es tal que puede usar tonos piloto generados por un transmisor inalámbrico para caracterizar las degradaciones del canal y / o el transmisor y / o las degradaciones del receptor y usar esa caracterización para mejorar la recepción de datos codificados en las transmisiones.
- 55 **[0022]** Como se muestra, el receptor inalámbrico 200 comprende una pluralidad de antenas ( $N_r$  se refiere al número de flujos espaciales de recepción, que puede ser mayor que, menor o igual que  $N_t$ , el número de flujos espaciales de transmisión) que alimentan al receptor  $N_r$  bloques de radiofrecuencia (RX RF) 202, que envían señales de banda base a convertidores de analógico a digital (ADC) 204. Al igual que con los transmisores, el número de flujos espaciales procesados no necesita ser igual al número de antenas y cada flujo no necesita limitarse a una antena, ya

que se pueden usar varias técnicas de direccionamiento de haz, ortogonalización, etc. para llegar a una pluralidad de transmisiones del receptor.

**[0023]** Las salidas de los ADC 204 se proporcionan a un módulo de sincronización 206, que proporciona su salida a varios elementos que realizan la inversa de los elementos del transmisor. Por ejemplo, un deformador 208 (que se muestra con uno por flujo espacial) recibe la salida del módulo de sincronización 206, elimina los prefijos, etc., y paraliza los datos para el procesamiento de FFT, las unidades de FFT 210 se convierten del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia y el procesador de tonos piloto 212 capta las señales de dominio de frecuencia por flujo espacial para determinar colectivamente los tonos piloto sobre los flujos espaciales, subportadores de frecuencia y grupos de períodos de símbolos enviados por el transmisor. A partir de eso, un detector 214 detecta y decodifica los datos a través de varias dimensiones y emite la estimación del receptor de lo que envió el transmisor.

**[0024]** Si el receptor conoce las secuencias de transmisión enviadas como parte de una secuencia de información total, el receptor puede realizar una estimación de canal con la ayuda de estas secuencias de transmisión conocidas. Para ayudar con el seguimiento, procesamiento, detección y descodificación de datos de tono piloto adecuados, un módulo de estimación de canal 216 proporciona señales de estimación al procesador de tono piloto 212 y al detector 214 en función de los resultados del módulo de sincronización 206, o si la deformación y la FFT son las mismas para el secuencias de transmisión conocidas en cuanto a la porción de datos de la secuencia de información total, basada en los resultados de la unidad FFT 210.

**[0025]** La figura 3 ilustra un ejemplo de una parte de un transmisor que se muestra con mayor detalle. Como se explicó anteriormente, los tonos de datos (de un mapeador QAM o similar) y los tonos piloto (de un insertador de tonos piloto) se proporcionan a una unidad IFTF. Con los tonos de datos y los tonos piloto que ocupan diferentes subportadores de frecuencia, se aplican a diferentes pulsaciones de la unidad IFFT y se combinan en la señal de dominio de tiempo apropiada. En este ejemplo, los tonos piloto particulares que se insertan mediante el insertador de tonos piloto 108 son activados por un generador de tonos piloto 300. El generador de tonos piloto 300 determina la amplitud (y posiblemente la fase) de los tonos piloto para cada flujo espacial, cada tono piloto (donde el transmisor proporciona una pluralidad de subportadores de tonos piloto) y para cada período de símbolo.

**[0026]** Los valores de los tonos piloto se pueden derivar de las señales de control y posiblemente también de un generador de números pseudo aleatorios (PN) 302. Por lo tanto, en un período de símbolo, el generador piloto 300 especificaría una amplitud (y posiblemente una fase) para cada uno de uno o más tonos piloto sobre una pluralidad de flujos espaciales. La amplitud puede ser cero en algunos casos, lo que significa que un tono piloto particular para un flujo espacial particular podría no ser transmitido. Un conjunto de valores de tono piloto en una secuencia de períodos de símbolos se denomina en este documento como una secuencia de tono piloto. En la realización preferida, el valor del tono piloto para un flujo espacial y un subportador piloto dados se considera constante durante un período de símbolo y puede o no cambiar de un período de símbolo particular al siguiente. En tales realizaciones, los valores pueden denominarse «símbolos piloto». Por lo tanto, un generador piloto podría comprender lógica para determinar, para una pluralidad de flujos espaciales y una pluralidad de subportadores de tono piloto, qué símbolos de tono piloto proporcionarán a esas corrientes y subportadores en cada período de símbolo.

**[0027]** Varios aparatos y procedimientos para determinar las secuencias de tono piloto se describen en el presente documento y a continuación en particular. Al utilizar un conjunto distinguible de secuencias piloto, el ruido de fase, el desplazamiento de frecuencia y / o los canales de transmisión (u otras posibles degradaciones) pueden estimarse por separado por flujo espacial. En particular, un conjunto ortogonal de vectores en el tiempo se puede aplicar a múltiples flujos espaciales para distinguir entre los diferentes flujos espaciales y, como tal, poder beneficiarse de la diversidad de flujos espaciales, mientras que la potencia se distribuye equitativamente entre los flujos espaciales. En particular, el conjunto ortogonal de vectores en el tiempo puede aplicarse a múltiples antenas transmisoras para distinguir entre las diferentes antenas transmisoras, mientras que la potencia se distribuye equitativamente entre las antenas transmisoras.

**[0028]** Lo que sigue es varios ejemplos de procedimientos (y su correspondiente aparato donde se necesita una descripción) para generar patrones adecuados de secuencias de tonos piloto. Para algunas implementaciones, las secuencias de tonos piloto están dirigidas por definiciones expresables por matrices. En la figura 4 se muestran ejemplos de matrices de secuencia de tono piloto.

**[0029]** La figura 4(a) es una matriz 2x2 de Walsh-Hadamard (WH), con una primera fila que tiene los elementos (1, 1) y una segunda fila que tiene los elementos (1, -1). Por convención, a menos que se indique lo contrario, las diferentes filas de una matriz corresponden a diferentes flujos espaciales y diferentes columnas corresponden a

diferentes períodos de símbolos. Por lo tanto, el patrón de tonos piloto para un transmisor con  $N_t = 2$  sería que los tonos piloto para cada flujo espacial tendrían la misma polaridad para un período de símbolo y a continuación tendrían una polaridad opuesta para el siguiente período de símbolo. En un enfoque, la matriz es cíclica y el patrón de tono piloto repite cada uno de los dos períodos de símbolos.

5

**[0030]** La figura 4(b) es una matriz de 3x4 que puede usarse con tres flujos espaciales de transmisión en cuatro períodos de símbolos.

**[0031]** La figura 4(c) es una matriz de 4x4 que se podría usar con cuatro flujos espaciales de transmisión y que alterna entre cuatro períodos de símbolos.

10

**[0032]** Deje que  $x_p(n, k)$  denote el símbolo piloto transmitido en la antena del transmisor  $p$ -ésima en el subportador  $n$  de un MIMO o símbolo OFDM de transmisión múltiple  $k$ . Para un sistema MIMO de dos flujos,  $p = \{1, 2\}$  y el valor de los tonos piloto para el subportador  $n$  se pueden determinar a partir de la Tabla 1. Esto proporciona una asignación adecuada de espacio-tiempo (ST).

15

**Tabla1.**

$p$	$k \bmod 2 = 0$	$k \bmod 2 = 1$
1	1	1
2	1	1

20

**[0033]** Como se muestra arriba, los tonos piloto varían con el flujo espacial y el tiempo (por ejemplo, períodos de símbolos) (mapeo ST). Un mapeo ST ortogonal puede beneficiarse de la transmisión multidimensional de un sistema MIMO OFDM, de manera que el receptor puede combinar el mapeo ortogonal y beneficiarse de la diversidad espacio-tiempo. Para lograr esto,  $x_p(n, k)$  es preferiblemente ortogonal como una función de  $p$  y  $k$ . Se pueden tener mejoras para los mapeos parcialmente ortogonales, hasta cierto punto.

25

**[0034]** En general, el uso de un mapeo tal que diferentes flujos espaciales tienen diferentes secuencias y más de un flujo espacial tiene un piloto en un período de símbolo dado proporciona ventajas de diversidad, tales como en el que los tonos piloto son distintos de cero con diferentes fases para proporcionar la ortogonalidad pero seguir sobreviviendo el desvanecimiento.

30

**[0035]** Cuando hay múltiples tonos piloto por flujo espacial, el mapeo también se podría realizar a través del espacio, el tiempo y la frecuencia (mapeo STF). Un mapeo STF ortogonal o parcialmente ortogonal puede proporcionar beneficios similares en un sistema MIMO OFDM. Para lograr esto,  $x_p(n, k)$  es preferiblemente ortogonal en función de  $p$ ,  $k$  y  $n$ . En un enfoque, la ortogonalidad en la dimensión de frecuencia se proporciona mediante el uso de la misma matriz de mapeo, desplazada por alguna(s) columna(s). En otros enfoques, diferentes tonos piloto utilizan diferentes matrices o procesos para generar secuencias de tonos piloto. Por ejemplo, se podría usar una matriz tridimensional que define un patrón para diferentes flujos, diferentes períodos de símbolos y diferentes subportadores de tonos piloto, de modo que las diferencias entre los tonos piloto no se limitan a un cambio de tiempo de los valores en una matriz bidimensional. Con las matrices utilizadas, alternan períodos de símbolos, pero también pueden alternar entre flujos espaciales y / o frecuencias, como cuando se proporciona una matriz de 2x4 para los primeros dos flujos y se duplica en los siguientes dos flujos, proporcionando al menos una diversidad de segundo orden.

35

40

**[0036]** Esta definición puede extenderse generalmente a cualquier número dado de antenas de transmisión y / o número de tonos piloto.

45

**[0037]** Al utilizar un conjunto distinguible de secuencias piloto, el ruido de fase, el desplazamiento de frecuencia y / o los canales de transmisión (u otras posibles degradaciones) pueden estimarse por separado por antena transmisora. En particular, el conjunto ortogonal de vectores en el tiempo puede aplicarse a múltiples antenas transmisoras para distinguir entre las diferentes antenas transmisoras, y como tal poder beneficiarse de la diversidad de transmisores, mientras que la potencia se distribuye equitativamente entre las antenas transmisoras. Al tener valores distintos de cero para los tonos piloto en más de una secuencia espacial, el seguimiento de tonos piloto se puede realizar de manera continua incluso cuando una secuencia se desvanece por completo.

50

55

**[0038]** Para evitar las líneas espectrales, las secuencias piloto ortogonales podrían multiplicarse por una secuencia de números pseudo aleatorios (PN), como la secuencia PN especificada en la cláusula 17.3.5.9 del estándar IEEE 802.11a, es decir, una secuencia PM con un polinomio generador de  $S(x) = x^7 + x^4 + 1$ . La secuencia de PM puede aplicarse multiplicando la matriz de mapeo piloto completa por un elemento de la secuencia PN o puede

aplicarse multiplicando el mapeo piloto con un elemento de la secuencia PN por símbolo MIMO OFDM o grupo de símbolos MIMO OFDM. Alternativamente, los pilotos en cada símbolo MIMO OFDM o grupos de símbolos MIMO OFDM podrían multiplicarse con el elemento correspondiente de otra secuencia PN.

5 **[0039]** Como ejemplo, sea  $n$  el índice de un subportador piloto (es decir, su número de subportador) y los símbolos de transmisión se multiplican por un conjunto ortogonal (la matriz de  $2 \times 2$  WH en este ejemplo). A continuación, la antena de recepción  $q$ -ésima observará las señales como se muestra en la figura 5. La señal recibida en la antena receptora es  $h_{q1}(n)x_1(n, 1) + h_{q2}(n)x_2(n, 1)$  para el primer símbolo OFDM y  $h_{q1}(n)x_1(n, 2) - h_{q2}(n)x_2(n, 2)$  para el siguiente símbolo OFDM. El error de ruido de fase común (CPE) por símbolo MIMO OFDM puede determinarse para el receptor de antena de recepción  $q$ -ésima a partir del conocimiento de  $h_{q1}(n)$ ,  $h_{q2}(n)x_2(n, 1)$ ,  $x_2(n, 1)$ ,  $x_1(n, 2)$  y  $x_2(n, 2)$ . Este conocimiento puede provenir de saber  $x_1(n, 1)$ ,  $x_2(n, 1)$ ,  $x_1(n, 2)$  y  $x_2(n, 2)$  y calcular  $h_{q1}(n)$  y  $h_{q2}(n)$  en el receptor.

**[0040]** Adicionalmente, la ganancia de diversidad del transmisor puede obtenerse, cuando  $x_1(n, 1) = x_1(n, 2)$  y  $x_2(n, 1) = x_2(n, 2)$ , o cuando  $x_1(n, 1) = -x_1(n, 2)$  y  $x_2(n, 1) = -x_2(n, 2)$ , o cuando ocurren otras condiciones similares, con el CPE asumido igual en dos símbolos consecutivos. Tenga en cuenta que con la matriz particular utilizada, si los canales están invertidos, de modo que  $h_1(n) = -h_2(n)$ , los tonos piloto se cancelarían cuando fueran iguales y no se cancelarían para el segundo símbolo, lo que permitiría los beneficios de la diversidad del transmisor.

20 Procesamiento del receptor, para dos antenas de transmisión

**[0041]** Supongamos que  $x_1(n, 1) = x_2(n, 1) = x_1(n, 2) = x_2(n, 2) = 1$  y el CPE en el símbolo MIMO OFDM  $k$ -ésimo es 0 ( $k$ ). Entonces, la señal recibida en el receptor  $q$  en el subportador  $n$  para los símbolos 1 y 2 de MIMO OFDM sería:

$$\text{Símbolo 1: } y_q(n,1) = (h_{q1}(n) + h_{q2}(n)) \exp(j\theta(1)) \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{Símbolo 2: } y_q(n,2) = (h_{q1}(n) - h_{q2}(n)) \exp(j\theta(2)) \quad (\text{Ec. 2})$$

25

**[0042]** A partir de esa información, el receptor puede estimar directamente el CPE por símbolo MIMO OFDM multiplicando cada símbolo impar por  $(h_{q1}(n) + h_{q2}(n))^*$  y cada símbolo par por  $(h_{q1}(n) - h_{q2}(n))^*$  y determinando el ángulo del resultado, donde  $*$  denota el conjugado del símbolo correspondiente. Cuando el CPE de dos símbolos OFDM MIMO consecutivos es igual, existe un beneficio adicional de la ganancia de diversidad de la antena de transmisión en la estimación del CPE al determinar el ángulo de

30

$$h_{q1}^*(n)(y_q(n,1) + y_q(n,2)) + h_{q2}^*(n)(y_q(n,1) - y_q(n,2)). \quad (\text{Ec. 3})$$

35 **[0043]** El procesamiento del receptor descrito anteriormente se puede usar para obtener el error de fase común (CPE) utilizando el piloto como se describe en este documento. El procesamiento también se puede utilizar para otros fines, como obtener o actualizar la estimación de canal, la estimación de desplazamiento de frecuencia, etc.

Generalizaciones de tres /cuatro antenas

40

**[0044]** Para cuatro antenas de transmisión, se podría usar una matriz  $4 \times 4$ , como la matriz  $4 \times 4$  WH que se muestra en la figura 4(c). Tenga en cuenta que esto forma un conjunto ortogonal, aunque otros arreglos podrían funcionar también. Así, sobre los pilotos para cuatro símbolos, se pueden obtener ganancias de diversidad de transmisión. Donde la diversidad de transmisores de segundo orden es suficiente, se pueden apilar dos matrices de  $2 \times 2$  WH en el espacio para el caso de los cuatro transmisores.

45

**[0045]** Se pueden usar otras matrices, tales como otras matrices que proporcionan una base ortogonal. Por ejemplo, una matriz de Fourier con tamaño  $N \times N$  (donde  $N$  es el número de antenas de TX), aunque la matriz de Fourier no proporciona un beneficio de la matriz de WH, ya que esta última proporciona bonitos puntos de constelación que se asignan a BSPK.

50

**[0046]** En el caso de tres antenas de transmisión, las primeras tres filas de la matriz  $4 \times 4$  WH podrían

seleccionarse simplemente como vectores de base, como en la figura 4(b). En otras variaciones, se utiliza la matriz de la figura 4(d). En este ejemplo, cuando solo hay dos flujos espaciales, existe una ortogonalidad entre dos símbolos, lo que proporciona beneficios antes que si la ortogonalidad fuera solo después de cuatro símbolos, que sería el caso en el que los dos flujos espaciales, por ejemplo, utilizaron las filas primera y tercera.

5

**[0047]** Con lo anterior, los tonos piloto podrían ser tales que se conserve la planeidad espectral, tal como donde está presente cada tono piloto, pero con un desplazamiento de fase.

Canales de frecuencia única y canales de frecuencia múltiple

10

**[0048]** Para un modo de canal de una sola frecuencia, por ejemplo, un modo de canal de 20 MHz con múltiples flujos de transmisiones, los índices de subportador para los tonos piloto podrían ser subportadores -21 y 21, pero otras posiciones podrían funcionar también y podrían usarse más de dos pilotos. Por ejemplo, cuatro pilotos podrían usarse en los subportadores -21, -7, 7 y 21.

15

**[0049]** En los modos de canal de frecuencia múltiple, como el modo de 40 MHz, los índices de subportador para los tonos piloto podrían ser los subportadores -42, -14, 14 y 42. Usando la notación de arriba, los valores anteriores a la matriz WH pueden expresarse como:

20

**para el caso de 20 MHz:  $x_p(-21, k) = 1, x_p(21, k) = 1$  (Ec. 4)**

**para el caso de 40 MHz:  $x_p(-42, k) = 1, x_p(-14, k) = 1, x_p(14, k) = 1, x_p(42, k) = -1$  (Ec. 5)**

**[0050]**

Opcionalmente, las bases ortogonales podrían multiplicarse por una secuencia PM, tal como la secuencia PN como se especifica en el estándar 802.11a que comprende 127 elementos, para evitar líneas espectrales. Esto también funciona para más de cuatro tonos piloto, como seis tonos piloto. Por ejemplo, seis pilotos podrían usarse en los subportadores -53, -25, -11, 11, 25 y 53. En ese caso, se podría usar una matriz más grande, o una matriz más pequeña ciclada alrededor para los tonos piloto adicionales.

**[0051]**

En el caso trivial de una sola antena de transmisión, el modo de flujo de un solo transmisor de 20 MHz (con 48 subportadores de datos y 4 pilotos) podría usar un esquema piloto convencional 802.11a.

**[0052]**

Lo anterior permite la diversidad de antenas, al menos debido a la relación cambiante entre los tonos piloto transmitidos. Si se usara el mismo valor para cada tono piloto, entonces si  $M = -h_2$ , el desvanecimiento eliminaría toda la señal en el receptor. Sin embargo, al utilizar la matriz de  $2 \times 2$  WH, el receptor mediría cero para una ráfaga OFDM, a continuación  $h_1 + h_2$  para la segunda ráfaga de OFDM, logrando diversidad.

**[0053]**

Con el enfoque anterior, la falta de brillo espectral es un problema menor y el desvanecimiento completo es mucho menos probable.

40

**[0054]**

La figura 6 ilustra una red inalámbrica simple que podría usar la presente invención. Por ejemplo, la red inalámbrica puede estar formada por nodos que utilizan transmisores y receptores como se describe en este documento. Como se muestra en la figura 6, una red inalámbrica 600 comprende una pluralidad de estaciones 602 en la que cada estación 602 es capaz de comunicarse con al menos otra estación 602 de la red inalámbrica 600. En implementaciones específicas, la red inalámbrica 600 es una red inalámbrica de área local, que se puede utilizar dentro de un edificio, un campus, un vehículo o entornos similares. En una realización específica, la red inalámbrica 600 está diseñada para cumplir con uno o más de los estándares IEEE 802.11, como 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, etc. Sin embargo, debe entenderse que otros estándares y redes no estándar podrían sustituirse, por lo tanto, para resolver problemas similares a los resueltos en el entorno 802.11, como el desvanecimiento, la multirruta y la necesidad de múltiples flujos espaciales.

**[0055]**

Como se muestra, algunas de las estaciones 602 están acopladas a dispositivos del cliente 604, mientras que otras estaciones están acopladas a puntos de acceso 606 que se conectan a sistemas de distribución tales como conexiones de red de área local (LAN) alámbricas. Por ejemplo, la estación 602(1) está acoplada al dispositivo del cliente 604(1), mientras que la estación 602(3) está acoplada a un punto de acceso 606. La figura 6 pretende ser un diagrama simplificado y generalizado de una red inalámbrica. Los generadores de señales interferentes no se muestran, pero se supone que están presentes.

**[0056]**

Los ejemplos de dispositivos del cliente 604 incluyen computadoras portátiles, asistentes personales



digitales (PDA), o cualquier otro dispositivo electrónico portátil o semiportátil que necesite comunicarse con otros dispositivos, o un dispositivo electrónico fijo que necesite comunicarse con otros dispositivos en los que la conexión por cable a una red u otros dispositivos no está disponible o no es fácil de proporcionar. Los puntos de acceso 606 acoplan sus respectivas estaciones a un sistema de distribución. Los ejemplos de dichos sistemas de distribución incluyen Internet, una red de área local (LAN) o una conexión pública o privada a una red de paquetes TCP / IP u otra red o redes de paquetes.

**[0057]** En una operación típica, una pluralidad de dispositivos de estación están equipados con circuitos y / o software que implementa una funcionalidad de la estación 602 y se proporcionan uno o más puntos de acceso de red en la red inalámbrica 600 para proporcionar acceso entre tal dispositivo de estación y la red para que se acopla una interfaz de red cableada. Una estación acoplada a una interfaz de red cableada se denomina «punto de acceso». Solo un ejemplo de los usos de un sistema de este tipo es conectar ordenadores dentro de un edificio a una red sin requerir que se conecten cables de red a cada ordenador. En ese ejemplo, el edificio se equiparía con puntos de acceso estacionarios acoplados a la red que están dentro del rango de comunicación inalámbrica de las tarjetas de red inalámbrica en cada una de las estaciones acopladas a la red.

**[0058]** La figura 7 muestra con más detalle el acoplamiento entre un dispositivo y una conexión de red. Como se muestra allí, el dispositivo del cliente 604 está acoplado a una sección I/O del dispositivo del hardware 620 de la estación del cliente. El hardware 620 de la estación del cliente incluye una sección de transmisión y una sección de recepción, cada una acoplada a la sección I/O del dispositivo. La sección de transmisión transmite una señal a través de un canal inalámbrico 622 a una sección de recepción del hardware de punto de acceso 624. Esa sección de recepción está acoplada a una sección de I/O de red, proporcionando así una ruta de comunicación de datos desde el dispositivo del cliente 604 a un sistema de distribución 626 como una red de área local. También se proporciona una ruta desde el sistema de distribución 626 al dispositivo del cliente 604, a través de la sección de red I/O del hardware del punto de acceso 624, una sección de transmisión del hardware del punto de acceso 624, una sección de recepción del hardware de la estación del cliente 620 y la sección del dispositivo I/O de la estación de hardware del cliente 620. Las características del canal inalámbrico 622 dependen de muchos factores, como la ubicación del hardware 620 de la estación del cliente y el hardware del punto de acceso 624, así como los objetos intermedios, como paredes, edificios y obstrucciones naturales, así como las influencias de otros dispositivos y transmisores y receptores y superficies que reflejan la señal. Las estaciones pueden implementarse mediante hardware dedicado, un código de estación de ejecución de procesador de propósito general o una combinación de los mismos. En los receptores y transmisores de ejemplo descritos anteriormente las secciones de transmisión y las secciones de recepción pueden procesar múltiples flujos, afectando un sistema MIMO.

**[0059]** Típicamente, el hardware 620 de la estación del cliente puede integrarse con el dispositivo 604 del cliente. Por ejemplo, cuando el dispositivo del cliente 604 es un ordenador portátil, el hardware 620 de la estación del cliente podría ser una tarjeta PCMCIA adicional que se inserta en la ranura PCMCIA del ordenador portátil. Por lo general, el hardware de punto de acceso 624 se implementa como parte de un dispositivo de interfaz de red cableada que solo se utiliza para acoplar una red cableada a una red inalámbrica. A pesar de la implementación típica, debe entenderse que aquí nada impide que el diagrama de la figura 7 sea completamente simétrico, es decir, en el que el hardware de la estación del cliente 620 y el hardware del punto de acceso 624 son instancias casi idénticas a los dispositivos de hardware, sin embargo, en muchos casos, un punto de acceso será fijo y la estación que no es un punto de acceso es un dispositivo portátil o móvil donde el consumo de energía, costo, peso y / o tamaño son consideraciones.

**[0060]** Un mecanismo general descrito en este documento es el uso de la dependencia del espacio-tiempo y / o la variación del mapeo de tonos piloto de un sistema MIMO. Para un sistema MIMO OFDM, la asignación puede extenderse para incluir también la dependencia y / o la variación del dominio de la frecuencia (asignación STF).

**[0061]** Como se ha explicado ahora, los símbolos de tono piloto a transmitir pueden variar sobre dimensiones espaciales y temporales y, a veces, sobre la dimensión de frecuencia, donde la dimensión espacial viene dada por las antenas de transmisión o flujos de información espacial en el transmisor, la dimensión temporal se define por los símbolos subsiguientes en el tiempo, y si se aplica OFDM, la dimensión de frecuencia viene dada por los subportadores OFDM, por ejemplo. En casos preferidos, como cuando más de un tono piloto distinto de cero está presente en un período de símbolo y / o cuando los tonos piloto son ortogonales o parcialmente ortogonales en una o más dimensiones, los beneficios de la diversidad de transmisión pueden obtenerse mediante la caracterización mejorada del canal posible mediante el uso de esos tonos piloto.

**[0062]** Usando en su mayoría tonos piloto distintos de cero y una pluralidad de tonos piloto por período de

símbolo, se obtienen beneficios de diversidad. Por lo tanto, cuando al menos algunos tonos piloto se superponen en algunas dimensiones, al usar el mapeo ST o STF adecuado, se proporciona diversidad y el receptor puede caracterizar mejor las rutas, lo que lleva a una mejor recuperación de los datos enviados a través de esas rutas.

- 5 **[0063]** Debe entenderse que la presente invención no está limitada a las implementaciones de receptor particulares mostradas en este documento. En varios ejemplos, se muestran aparatos y procedimientos nuevos implementados con elementos comunes y generalizados en los sistemas inalámbricos actuales, sin embargo, debe entenderse que las enseñanzas de esta descripción son aplicables a otros elementos existentes y desarrollados posteriormente, a menos que se indique lo contrario. Por ejemplo, se pueden usar otros valores para los símbolos de tonos piloto distintos de los valores 1 y -1, es decir, se pueden usar otras fases e incluso otras amplitudes. En lugar de matrices que manejan las secuencias, ecuaciones o secuencias (complejas o reales) se pueden usar como entradas para un generador de tonos piloto para generar mapeos ST o STF ortogonales o semiortogonales. Los tonos piloto pueden ser puntos de constelación QAM o puntos de constelación no QAM, entradas, etc.
- 10
- 15 **[0064]** Aunque la invención se ha descrito con respecto a realizaciones ejemplares, un experto en la técnica reconocerá que son posibles numerosas modificaciones. Por ejemplo, los procesos descritos en el presente documento pueden implementarse utilizando componentes de *hardware*, componentes de *software* y / o cualquier combinación de los mismos. Por lo tanto, aunque la invención se ha descrito con respecto a realizaciones ejemplares, se apreciará que la invención pretende cubrir todas las modificaciones y equivalentes dentro del alcance de las
- 20 siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento en un transmisor inalámbrico (100) que codifica y transmite datos a través de un canal de comunicación y que tiene una pluralidad de flujos espaciales diferenciables en un receptor (200), que comprende:
- 5 identificar una pluralidad de períodos de símbolos dentro de los cuales deben transmitirse símbolos que representan algunos de los datos codificados, en el que los símbolos comprenden valores de constelación para una primera pluralidad de subportadores de frecuencia;
- 10 identificar valores de tono piloto para la pluralidad de periodos de símbolos, en el que los tonos piloto se transmiten en una segunda pluralidad de subportadoras de frecuencia y los valores de tono piloto varían sobre la segunda pluralidad de subportadores de frecuencia para al menos un período de símbolo y flujo espacial, y en el que los valores de tono piloto identificados son tales que el receptor (200), cuando recibe al menos algunos de los tonos piloto que tienen los valores de tono piloto identificados, está provisto de señales que permiten al receptor caracterizar el canal
- 15 de comunicación para obtener beneficios de la diversidad de flujo de transmisión, y en el que al menos dos valores de tono piloto distintos de cero están presentes en dos flujos espaciales en un período de símbolo dado y más de un tono piloto distinto de cero está presente en un período de símbolo y en el que los al menos dos valores de tono piloto distintos de cero se seleccionan de manera que sean ortogonales en la dimensión temporal y en la dimensión de frecuencia;
- 20 en el que la ortogonalidad en la dimensión temporal se logra usando una matriz de mapeo Walsh-Hadamard y la ortogonalidad en la dimensión de frecuencia se logra usando la misma matriz de mapeo Walsh-Hadamard desplazada por algunas columnas; y transmitiendo los símbolos y los tonos piloto sobre la pluralidad de flujos espaciales para la pluralidad de períodos de símbolos, los tonos piloto proporcionan al receptor (200) información sobre los efectos del
- 25 canal de comunicación o degradaciones en los flujos espaciales transmitidos.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una señal transmitida para un período de símbolo dado es una combinación de las señales para la primera y segunda pluralidad de subportadores de frecuencia.
- 30 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que al menos algunos de los tonos piloto varían a lo largo de los períodos de símbolos y al menos algunos de los tonos piloto varían a lo largo de flujos espaciales.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la diferenciabilidad de la pluralidad de flujos espaciales en el receptor se proporciona transmitiendo al menos parte de la pluralidad de flujos espaciales sobre una pluralidad
- 35 de antenas separadas para tener diferentes características de canal sobre el canal de comunicación entre el transmisor (100) y receptor (200).
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el número de flujos espaciales es dos, el número de tonos piloto es dos, los valores de tono piloto se identifican a partir de un conjunto de dos posibles valores distintos de
- 40 cero, que además comprenden:  
 identificar los valores de tono piloto según una matriz 2x2 que indica, según una fórmula preprogramada, para cada uno de los dos períodos de símbolos y las dos corrientes espaciales, los valores de tono piloto para cada uno de los dos tonos piloto, siendo la matriz 2x2 tal que los valores de tono piloto son distintos de cero en ambos flujos espaciales durante al menos un período de símbolo.
- 45 6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la matriz 2x2 se reutiliza para los períodos de símbolo que siguen a los dos períodos de símbolo.
7. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que los valores de tono piloto se alteran según una
- 50 secuencia más larga que dos elementos, de modo que el patrón de los valores de tono piloto no se repite cada dos períodos de símbolo.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la secuencia es una secuencia pseudoaleatoria que se aplica a los valores de tono piloto para llegar a una eventual secuencia de valor de tono piloto utilizada.
- 55 9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la secuencia pseudoaleatoria está definida por un polinomio generador  $S(x) = x^7 + x^4 + 1$ .
10. Un transmisor inalámbrico (100), el transmisor está adaptado para codificar y transmitir datos a través

de un canal de comunicación y tiene una pluralidad de flujos espaciales diferenciables en un receptor (200), que comprende:

5 un analizador para asignar los datos a codificar a una pluralidad de períodos de símbolos dentro de los cuales deben transmitirse los símbolos que representan algunos de los datos codificados, en el que los símbolos comprenden valores de constelación para una primera pluralidad de subportadores de frecuencia, y la asignación de los datos entre la pluralidad de corrientes espaciales;

10 un generador de valores de tono piloto (300) que identifica valores de tono piloto para la pluralidad de períodos de símbolos, en el que los valores de tono piloto identificados son tales que el receptor (200), cuando recibe al menos algunos de los tonos piloto que tienen los valores de tono piloto identificados está provisto de señales que permiten al receptor (200) caracterizar el canal de comunicación para obtener beneficios de diversidad de flujo de transmisión, en el que los valores de tono piloto varían sobre la segunda pluralidad de subportadores de frecuencia para al menos un período de símbolo y flujo espacial, y en el que al menos dos valores de tono piloto distintos de cero están presentes  
15 en dos flujos espaciales en un período de símbolo dado y más de un tono piloto distinto de cero está presente en un período de símbolo y en el que los al menos dos valores de tono piloto no cero se seleccionan de modo que sean ortogonales en el tiempo dimensión y en la dimensión de frecuencia;

20 en el que la ortogonalidad en la dimensión temporal se logra usando una matriz de mapeo Walsh-Hadamard y la ortogonalidad en la dimensión de frecuencia se logra usando la misma matriz de mapeo Walsh-Hadamard desplazada algunas columnas;

un insertador de tono piloto (108) para insertar los tonos piloto en una segunda pluralidad de subportadores de frecuencia; y  
25

circuitos de transmisión para transmitir los símbolos y los tonos piloto sobre la pluralidad de flujos espaciales para la pluralidad de períodos de símbolos, de modo que los tonos piloto proporcionen al receptor (200) información sobre los efectos del canal de comunicación o degradaciones en los flujos espaciales transmitidos.

30 11. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 10, en el que una señal transmitida para un período de símbolo dado es una combinación de la primera y la segunda pluralidad de subportadores de frecuencia.

12. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 10, en el que al menos algunos de los tonos piloto varían a lo largo de los períodos de símbolos y al menos algunos de los tonos piloto varían a lo largo de flujos  
35 espaciales.

13. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 10, en el que el transmisor inalámbrico (100) comprende además una pluralidad de antenas espaciadas para tener diferentes características de canal, más allá del canal de comunicación entre el transmisor (100) y el receptor (200) y el transmisor inalámbrico (100) está configurado  
40 para transmitir al menos parte de la pluralidad de flujos espaciales sobre la pluralidad de antenas.

14. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 10, en el que el número de flujos espaciales es dos, el número de tonos del piloto es dos, los valores de tono piloto se identifican a partir de un conjunto de dos posibles valores distintos de cero, el transmisor inalámbrico incluye lógica o circuitos para identificar los valores de tono piloto  
45 según una matriz de 2x2 que indica, según una fórmula preprogramada, para cada uno dos períodos de símbolos y los dos flujos espaciales, los valores de tono piloto para cada uno de los dos tonos piloto, siendo la matriz 2x2 tal que los valores de tono piloto son distintos de cero en ambos flujos espaciales durante al menos un período de símbolo.

15. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 14, en el que la matriz 2x2 se reutiliza para los  
50 períodos de símbolo que siguen a los dos períodos de símbolo.

16. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 14, en el que los valores de tono piloto se alteran según una secuencia más larga que dos elementos, de modo que el patrón de los valores de tono piloto no se repite  
55 cada dos períodos de símbolo.

17. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 16, en el que la secuencia es una secuencia pseudoaleatoria que se aplica a los valores de tono piloto para llegar a un eventual valor de secuencia de tono piloto utilizado.

18. El transmisor inalámbrico (100) de la reivindicación 17, en el que la secuencia pseudoaleatoria está definida por un polinomio generador  $S(x) = x^7 + x^4 + 1$ .
19. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que una o más corrientes espaciales son comunicables a través de un canal de comunicación que comprende una pluralidad de trayectorias.
20. El transmisor inalámbrico de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18, configurado para transmitir uno o más de los flujos espaciales a través de un canal de comunicación que comprende una pluralidad de rutas.
- 10 21. Un procesador adaptado para ejecutar código que es ejecutable para realizar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

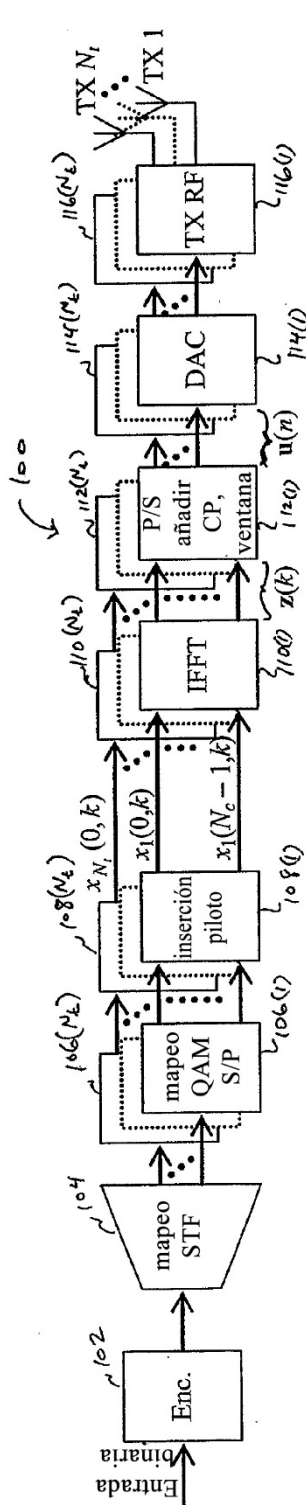


Fig. 1

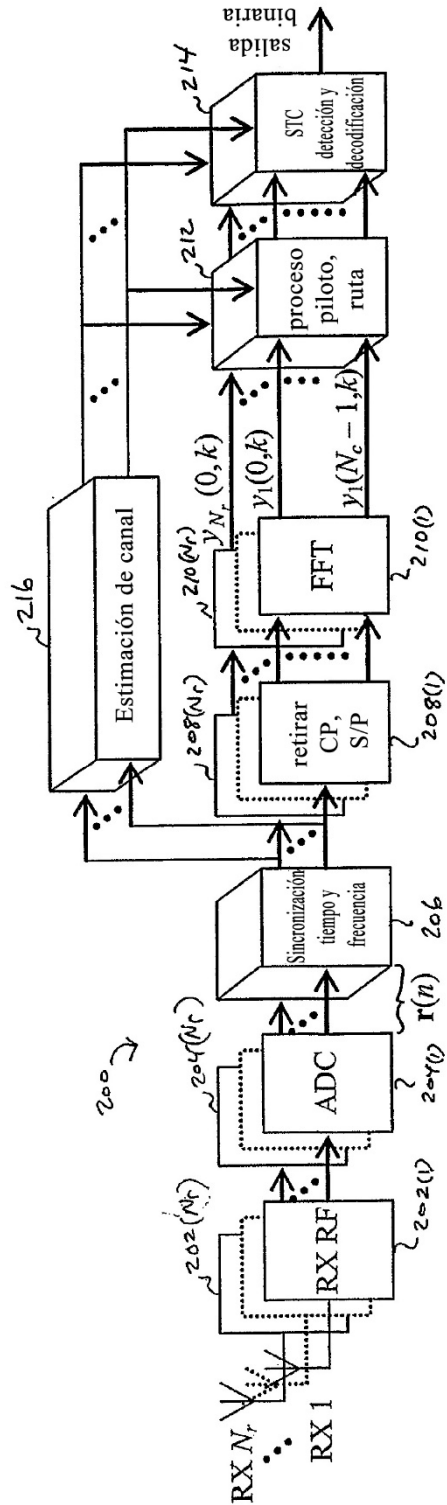


Fig. 2

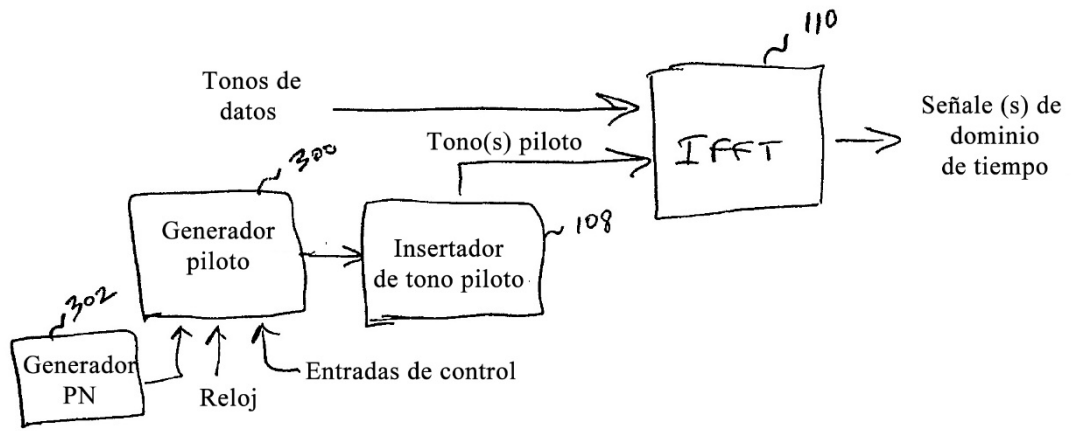


Fig. 3

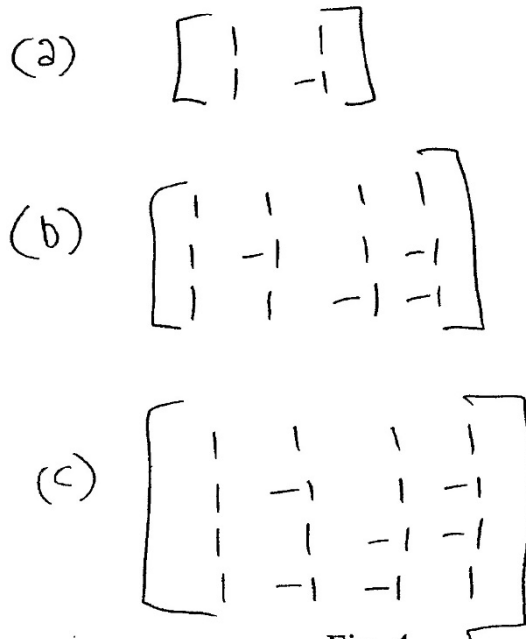


Fig. 4

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & j & -1 & -j \\ 1 & -j & -1 & j \end{bmatrix}$$

Fig. 4(d)

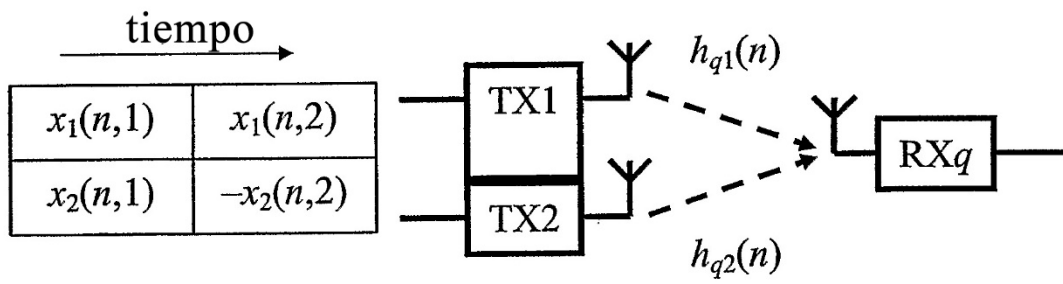


Fig. 5



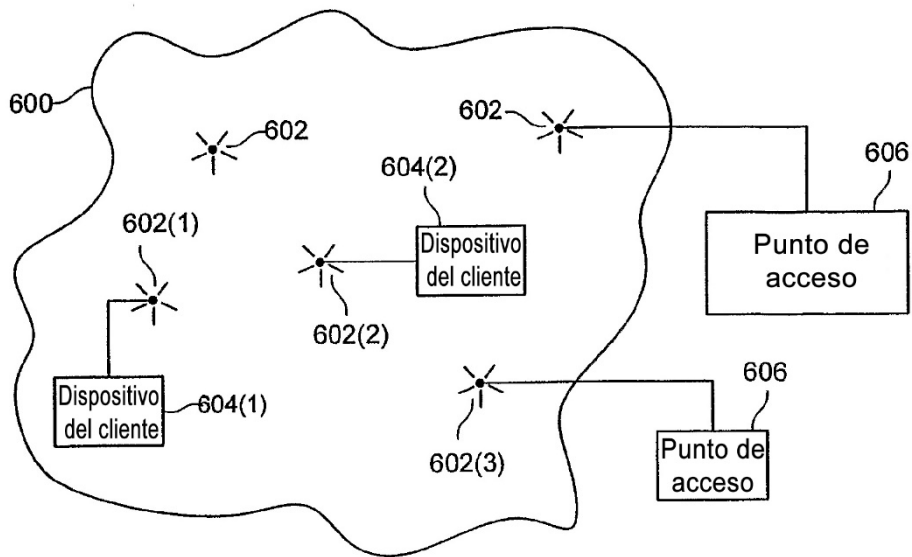


FIG. 6

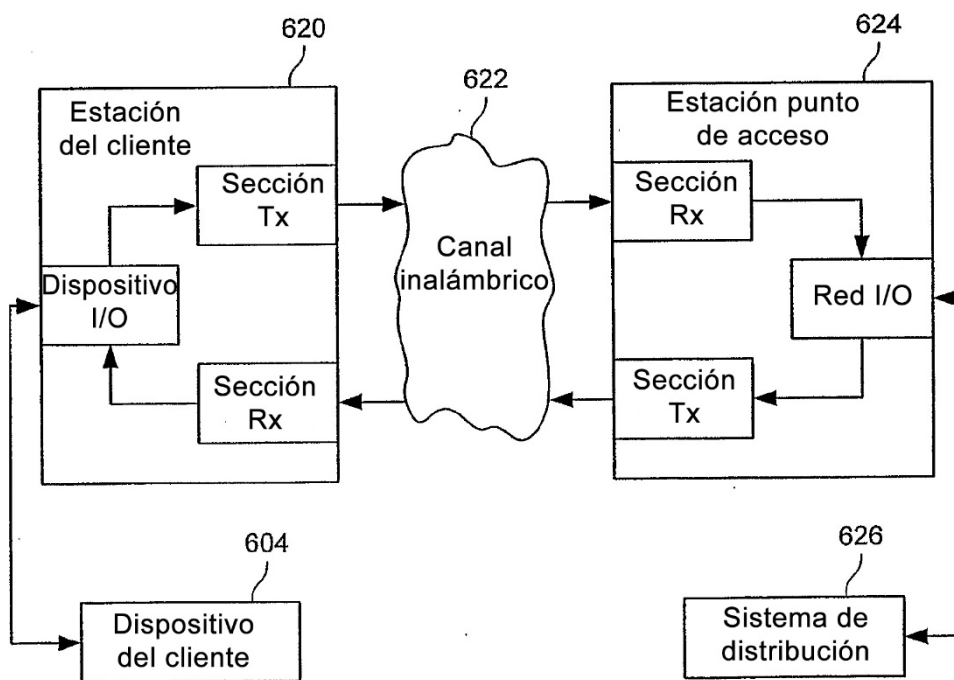


FIG. 7