

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 150**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04B 7/04 (2007.01)

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2011 PCT/US2011/049405**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2012 WO12027700**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2011 E 11820744 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2609710**

54 Título: **Seguimiento de fase de flujo único durante la estimación de canal en un sistema de comunicación MIMO inalámbrica de muy alto rendimiento**

30 Prioridad:

26.08.2010 US 869521

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

29.07.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SHI, KAI y
ZHANG, NING**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 721 150 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

Seguimiento de fase de flujo único durante la estimación de canal en un sistema de comunicación MIMO inalámbrica de muy alto rendimiento

5

CAMPO

[0001] La presente invención se refiere en general a sistemas de comunicación. En particular, presenta una mejor comunicación de la información a través de los sistemas de comunicación inalámbrica mediante el seguimiento de fase usando tonos piloto integrados en el preámbulo de las tramas transferidas.

10

ANTECEDENTES

[0002] Los avances en el uso de Internet están llevando al incremento de la demanda de ancho de banda en todos los tramos de la red. Uno de dichos avances ha sido en el área de la red de área local inalámbrica (LAN). La demanda de LAN inalámbrica ha experimentado un crecimiento espectacular. Esta demanda se ha impulsado por usuarios que conectan ordenadores portátiles a redes en el trabajo o en lugares de reunión móviles, entre otros. El crecimiento se ha extendido más allá del ordenador también. Las aplicaciones de consumo como la transmisión de música, la telefonía por Internet, los juegos y la transmisión de vídeo en el hogar también están impulsando el crecimiento del ancho de banda.

15

20

[0003] Estos aumentos de demanda de LAN inalámbrica han estimulado el desarrollo de normas extensivas en el área técnica. Han surgido varias normas de comunicaciones inalámbricas, tal como la norma 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos (IEEE). La norma 802.11 del IEEE indica un conjunto de normas de interfaz aérea de la red inalámbrica de área local (WLAN) para comunicaciones de corto alcance oscilando entre decenas y algunos cientos de metros. Una de dichas normas WLAN es 802.11b. Esta norma especifica velocidades de transferencia de datos sin procesar de hasta 11 Mbps usando técnicas de modulación de Clave de Código Complementaria (CCK) y/o de Espectro de Propagación de Secuencia Directa (DSSS). La norma 802.11a, definida simultáneamente con la norma 802.11b, usa un procedimiento de transmisión más eficiente llamado Multiplexado por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM). La norma 802.11a permitía velocidades de transferencia de datos de hasta 54 Mbps, pero, debido a una banda de frecuencia de radio incompatible de 5 GHz, en comparación con 2.4 GHz para la norma 802.11b, esta norma no se implementó ampliamente. A mediados del año 2003, el IEEE ratificó la norma 802.11g, que aplicó la modulación OFDM a la banda de 2.4 GHz. Gran parte del hardware del cliente de WLAN es compatible con la norma 802.11a y la norma 802.11g.

25

30

35

[0004] El seguimiento de la generación en el desarrollo de normas es la norma 802.11n. La norma 802.11n proporciona una variedad de modos opcionales que dictan diferentes velocidades máximas. La norma permite a los fabricantes ajustar las capacidades para ofrecer diferentes puntos de precio y rendimiento. La norma 802.11n ofrece velocidades de transferencia de datos sin procesar de hasta 600 Mbps, mientras que un dispositivo de velocidad de 300 Mbps también se puede construir de acuerdo con la memoria descriptiva 802.11n.

40

[0005] La norma 802.11n mejora la implementación de OFDM usando una tasa de código máxima más alta y un ancho de banda más alto. Mejora la tasa sin procesar de 54 Mbps a 65 Mbps. Además, uno de los componentes ampliamente conocidos de la norma es una Múltiple Entrada Múltiple Salida o MIMO. MIMO explota un fenómeno de radio llamado multirruta. La multirruta implica información transmitida que rebota en puertas, paredes y otros objetos. Esta información llega a la antena receptora múltiples veces a través de diferentes rutas y en momentos ligeramente diferentes.

45

[0006] La multirruta degrada el rendimiento inalámbrico si no se controla. La tecnología MIMO, adoptada en la norma 802.11n, implementa de manera útil la multirruta a través del multiplexado por división de espacio (SDMA). El dispositivo transmisor de WLAN divide el flujo de datos en múltiples partes, llamadas flujos espaciales. Cada flujo espacial se transmite a través de antenas separadas a las antenas correspondientes en el receptor. La norma 802.11n soporta hasta 4 flujos espaciales. Si bien la duplicación o la cuadruplicación del flujo espacial lleva a un aumento en las velocidades de transferencia de datos sin procesar, el coste y la potencia también tienden a aumentar debido al aumento del procesamiento requerido por par de antenas. Un sistema MIMO se caracteriza por el número de antenas transmisoras y por el número de antenas receptoras. Un MIMO 4x4, por ejemplo, tiene cuatro antenas en el transmisor y 4 antenas en el receptor.

50

55

[0007] El rendimiento de MIMO se puede mejorar mediante la conformación de haces y la diversidad. La conformación de haces dirige la señal de radio a la antena objetivo. Esto mejora el rango y el rendimiento al limitar la interferencia. La diversidad explota múltiples antenas combinando las salidas o seleccionando el mejor subconjunto de un mayor número de antenas que las requeridas para recibir un cierto número de flujos espaciales. Se puede usar el exceso de antenas para decir combinar múltiples flujos recibidos en un flujo, funcionando en un rango más largo. Se pueden hacer compensaciones similares para aumentar las velocidades de transferencia de datos sin procesar, con un rango fijo.

60

65

[0008] La norma 802.11n, en resumen, propone la LAN inalámbrica (WLAN) a través de mejores características de OFDM, multiplexado por división de espacio a través de MIMO, diversidad, procedimientos de ahorro de energía, duplicación del canal de 20 MHz a 40 MHz, agregación de nivel MAC de la sobrecarga y espacio entre tramas reducido.

5 **[0009]** En el seguimiento de normas, denominadas norma 802.11 para un Rendimiento Muy Alto (VHT) en la banda de 5 GHz, los anchos de banda RF dirigidos son de hasta 160MHz y las velocidades de transferencia de datos son de hasta 6.933 Gbps. Se están implementando sistemas de procesamiento de señales más eficientes para reducir el ruido y mejorar la relación señal-ruido. Tradicionalmente, los tonos piloto en los símbolos de datos se han usado para realizar el seguimiento de fase durante los símbolos de datos, pero, para la norma 802.11n y generaciones anteriores, esto es un cálculo costoso y no es factible durante la estimación de canal MIMO. Los tonos piloto, tal como se definen en la norma 802.11n para los Campos de Entrenamiento Largos (LTF), varían de un flujo a otro y, por lo tanto, no se pueden usar para un seguimiento de fase preciso.

15 **[0010]** Para una frecuencia de portadora de 5 GHz, una desviación de 2 partes por millón equivale a una desviación de frecuencia de 100 KHz. Esta desviación de frecuencia, con 4 símbolos, equivale a una rotación de fase de 5 grados. Para ocho símbolos, esto se duplica a 10 grados. En el OFDM, dado que la señal se transporta en la fase, una desviación de fase lleva a una relación señal-ruido más baja. Este fenómeno hace que la red inalámbrica se degrade en el rendimiento y desempeño.

20 Se llama la atención a un artículo de YOUHAN KIM (ATHEROS) titulado "Phase Tracking During VHT-LTF ; 11-10-0771-00-00ac-phase-tracking-during-vht-ltf [Seguimiento de Fase Durante VHT-LTF; 11-10-0771-00-00ac-phase-tracking-during-vht-ltf]", BORRADOR DEL IEEE; 11-10-0771-00-00AC-FASE-TRACKING-DURING-VHT-LTF, MENTOR DE IEEE-SA, PISCATAWAY, NJ EE. UU., (20100712), vol. 802.11ac.

25 **SUMARIO**

[0011] De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento y un aparato, como se expone en las reivindicaciones independientes, respectivamente. Los modos de realización preferentes de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

30 **[0012]** Los modos de realización de la presente invención se refieren al seguimiento de fase usando tonos piloto en el preámbulo de la trama para un sistema de comunicación inalámbrica MIMO.

35 **[0013]** En un modo de realización, similar a los tonos piloto en los símbolos de datos, los tonos piloto en VHT-LTF se pueden definir para el seguimiento de fase. A diferencia de los tonos de datos, la matriz de secuencia de cubierta de mapeo de entrenamiento MIMO (comúnmente denominada matriz P) no se aplica a los tonos piloto durante la estimación de canal basándose en los tonos piloto. En su lugar, los pilotos de un único flujo se mapean a todos los flujos de tiempos de espacio (STS). En este modo de realización, los tonos piloto en el primer VHT-LTF se usan para la estimación inicial de canal unidimensional. Los tonos piloto en los otros VHT-LTF restantes se usan para estimar la rotación de fase basándose en los tonos piloto y en la estimación inicial de canal unidimensional. La información derivada y consolidada se usa para la estimación de canal MIMO para los tonos de datos.

40 **[0014]** En un modo de realización de la presente invención, se divulga un procedimiento y un aparato para usar campos de entrenamiento en la cabecera de una trama transmitida que se vaya a estimar, en la recepción, el canal y los errores de fase. Esta información se aplica luego a los tonos de datos para mejorar el rendimiento y desempeño.

45 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

50 **[0015]** Los dibujos adjuntos se incorporan en y forman parte de esta memoria descriptiva. Los dibujos ilustran modos de realización. Junto con la descripción, los dibujos sirven para explicar los principios de los modos de realización.

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una red LAN inalámbrica típica en una aplicación doméstica o de pequeña empresa.

55 La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un nodo inalámbrico de transmisión y recepción y sus componentes que se comunican a través de M antenas transmisoras y de N antenas receptoras.

La Figura 3 es una estructura de trama a modo de ejemplo para una trama del Protocolo de Convergencia de Capa Física (PLCP) usada en las comunicaciones inalámbricas.

60 La Figura 4 es un diagrama de bloques de una comunicación inalámbrica de nodo a nodo de nivel más alto que usa una matriz de estimación de canal para caracterizar la recepción en cada nodo basándose en la información transmitida desde el otro nodo.

La Figura 5 es un diagrama de bloques de hardware de los bloques de seguimiento y de corrección de fase acoplados al componente de Transformada Rápida de Fourier (FFT) en la recepción, de acuerdo con los modos de realización de la presente invención.

5 La Figura 6 es una ilustración de tonos piloto en malla y tonos de datos en símbolos OFDM, de acuerdo con los modos de realización de la presente invención.

10 La Figura 7 es un diagrama de línea de tiempo del procesamiento de señales en diversos bloques de hardware implicados en la extracción de información de errores de fase de tonos piloto y en el uso de la información n para corregir la rotación de fase en tonos de datos, de acuerdo con los modos de realización de la presente invención.

15 La Figura 8 es una representación del diagrama de flujo del seguimiento de fase usando tonos piloto en los VHT-LTF del preámbulo, de la estimación de errores de fase y de su uso en la corrección de los tonos de datos antes de la estimación de canal, de acuerdo con los modos de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 **[0016]** Algunas porciones de las descripciones detalladas siguientes se presentan en términos de procedimientos, bloques lógicos, procesamiento y otras representaciones simbólicas de operaciones sobre bits de datos dentro de una memoria de ordenador. Estas descripciones y representaciones son los medios usados por los expertos en las técnicas de procesamiento de datos para transmitir de forma más efectiva la sustancia de su trabajo a otros expertos en la técnica. En la presente solicitud, un procedimiento, un bloque lógico, un proceso o similar se concibe para ser una secuencia autoconsistente de etapas o instrucciones que lleven a un resultado deseado. Las etapas son aquellas que requieren manipulaciones físicas de cantidades físicas. Usualmente, aunque no necesariamente, estas cantidades toman la forma de señales eléctricas o magnéticas capaces de almacenarse, transferirse, combinarse, compararse o manipularse de otra forma en un sistema informático.

30 **[0017]** Debería tenerse en cuenta, sin embargo, que todos estos términos y similares tienen que asociarse con las cantidades físicas apropiadas y son simplemente etiquetas convenientes aplicadas a estas cantidades. A menos que se indique específicamente lo contrario como es evidente en los siguientes análisis, se aprecia que, a lo largo de la presente solicitud, los análisis que utilizan los términos, tales como "acceder", "recibir", "enviar", "usar", "seleccionar", "determinar", "normalizar", "multiplicar", "promediar", "monitorear", "comparar", "aplicar", "actualizar", "medir", "derivar" o similar, se refieren a las acciones y procesos de un sistema informático, o dispositivo informático electrónico similar, que manipule y transforme datos representados como cantidades físicas (electrónicas) dentro de los registros y memorias del sistema informático en otros datos representados de forma similar como cantidades físicas dentro de las memorias o registros del sistema informático u otros dispositivos de almacenamiento, transmisión o visualización de información.

40 **[0018]** Los modos de realización descritos en el presente documento pueden analizarse en el contexto general de las instrucciones ejecutables por ordenador que residan en alguna forma de medio utilizable por ordenador, tales como módulos de programa, ejecutados por uno o más ordenadores u otros dispositivos. En general, los módulos de programa incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc. que realizan tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. La funcionalidad de los módulos de programa puede combinarse o distribuirse según se desee en diversos modos de realización.

45 **[0019]** A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios utilizable por ordenador pueden comprender medios de almacenamiento informático y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento informático incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier procedimiento o tecnología para el almacenamiento de información tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de almacenamiento informáticos incluyen, pero no se limitan a, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de sólo lectura (ROM), memoria de sólo lectura programable y eléctricamente borrable (EEPROM), memoria flash u otras tecnologías de memoria, ROM de disco compacto (CD-ROM), discos versátiles digitales (DVD) u otro almacenamiento óptico, cintas magnéticas, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos magnéticos de almacenamiento o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar la información deseada.

50 **[0020]** Los medios de comunicación pueden incluir instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos modulada, tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte, e incluyen cualquier medio de suministro de información. El término "señal de datos modulada" significa una señal que tiene una o más de sus características establecidas o cambiadas de tal manera que codifican información en la señal. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios de comunicación incluyen medios alámbricos tales como una red cableada o una conexión de cableado directo y medios inalámbricos tales como medios acústicos, de radiofrecuencia (RF), infrarrojos y otros inalámbricos. Las combinaciones de cualquiera de lo anterior deberían incluirse también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

65

[0021] La Figura 1 100 es un diagrama de bloques de una red LAN inalámbrica 105 típica implementada en el hogar o en el negocio. Varios usuarios están representados por las estaciones 130 entre otros. Las estaciones son capaces de recibir y transmitir datos desde y hacia una estación base 120. Un Punto de Acceso inalámbrico (AP) es un modo de realización de la estación base. La estación base 120 se comunica con un enrutador 115 a través de un cable o de forma inalámbrica. El enrutador 115 tiene información de conectividad de red en la red y recibe y reenvía paquetes basándose en las direcciones de origen y destino. Un enrutador tiene una pluralidad de puertos para conexiones y un sólo puerto de enlace ascendente para conectarse al resto de Internet a través de un módem de cable 110, en general a través de un cable 160. Un módem de cable se conecta a Internet en todo el mundo a través de un Sistema de Terminación de Módem de Cable (CMTS) ubicado en una oficina central del proveedor de servicios. Principalmente, la presente invención se refiere a la comunicación inalámbrica 140 entre una estación 130 y una estación base 120. La nueva norma 802.11 VHT propone transportar velocidades de transferencia de datos sin procesar de hasta 6.933 Gbps de forma inalámbrica y confiable a través del aire.

[0022] La Figura 2 es un diagrama de bloques de un complejo de nodos de transmisión y de recepción inalámbricos 250. Un flujo "que va a transmitirse" S se prepara basándose en datos de carga útil y se codifica con un preámbulo y como otra información antes de suministrarse a un bloque codificador y modulador 205. El complejo de nodos consiste en M antenas 220 en la dirección de transmisión y en N antenas 260 en recepción para formar un sistema MIMO de M por N. El complejo de nodos, mientras que funciona en el modo MIMO, puede usar, en un modo de realización, multiplexado por división espacial (SDMA) para comunicarse con varios receptores. El SDMA permite múltiples flujos transmitidos a diferentes receptores al mismo tiempo para compartir el mismo espectro de frecuencia. Dentro de cualquier flujo, hay paquetes de datos que contienen tanto datos de carga útil como un preámbulo.

[0023] La transmisión simultánea de múltiples flujos lleva a un ancho de banda más alto. Para conseguir la simultaneidad, cada flujo de datos se precodifica de forma espacial y luego se transmite a través de una antena transmisora diferente. Esta precodificación y este procesamiento espaciales se realizan mediante el bloque 210. Esto da como resultado una secuencia de símbolos de código que se mapean a un grupo de señales para producir una secuencia de símbolos de modulación.

[0024] Un sistema MIMO puede soportar una serie de sistemas de modulación, incluyendo el Multiplexado de División Ortogonal de Frecuencia. El OFDM es una técnica de espectro ensanchado. Distribuye datos a través de varias subportadoras separadas a frecuencias precisas. La separación es ortogonal y permite que un receptor recupere datos. Esta técnica de modulación puede emplearse usando cualquier norma inalámbrica incluyendo la norma 802.11ac VHT. El modulador OFDM 205 divide los símbolos de modulación en varios flujos paralelos. Una FFT inversa se realiza en cada conjunto de subportadoras para producir símbolos OFDM de dominio de tiempo. Los símbolos OFDM se distribuyen en las cargas útiles de múltiples paquetes de datos. Un preámbulo se lleva junto con la carga útil en cada paquete de datos. El preámbulo comprende varios símbolos que se dividen en flujos paralelos similares a los datos. El preámbulo se adjunta a la carga útil de datos antes del procesamiento espacial. Diferentes flujos espaciales se transmiten a través de una pluralidad de antenas usando transceptores RF 225.

[0025] La información transmitida se recibe en una pluralidad de antenas 260. Esto se alimenta a los transceptores 206 para recuperar la información modulada en las portadoras RF. La información recuperada se proporciona al procesador espacial de recepción 270. Los datos transportados en cualquier flujo espacial se recuperan. Un procesador de preámbulos usa el preámbulo para proporcionar información de sincronización al demodulador OFDM y otros procesos posteriores. El demodulador OFDM 275 convierte el flujo del dominio de tiempo en dominio de frecuencia usando una Transformada Rápida de Fourier (FFT). El dominio de frecuencia incluye un flujo por subportadora. El estimador de canal 285 recibe el flujo y estima la respuesta de canal. Como parte del preámbulo, hay tonos piloto que se desplazan por fase debido a la transmisión a través de un canal inalámbrico. Esto se debe a las desviaciones residuales de frecuencia relativas entre los PLL en la recepción y en la transmisión. El desplazamiento es en general un desplazamiento lineal. Otro desplazamiento de fase se produce debido al ruido de fase.

[0026] La Figura 3 representa un nodo bidireccional para la comunicación de nodo entre la estación A 300 y la estación B 350. El canal inalámbrico entre A y B está modelado matemáticamente por la matriz de respuesta de canal H_{AB} , mientras que el mismo en la otra dirección está modelado por la matriz H_{BA} . A través del protocolo de intercambio correcto y de la posible calibración, ambas estaciones calculan la matriz de corrección K_A y K_B para efectuar una transmisión inalámbrica confiable y de alto rendimiento.

[0027] Como parte de la demodulación, los tonos piloto en el preámbulo se someten a un procesamiento especial. La Figura 4 es una representación a modo de ejemplo de una posible trama del Protocolo de Convergencia de Capa Física (PLCP) 400. La trama consiste en datos de carga útil empaquetados como símbolos OFDM así como en información de preámbulo. Parte de la información del preámbulo son las secuencias de entrenamiento clasificadas como tipo "L" para las heredadas y como tipo "VHT" para las secuencias de entrenamiento recién definidas, propias de las nuevas normas en desarrollo. Uno de estos campos de entrenamiento es VHT-LTF (campo de entrenamiento largo de muy alto rendimiento) 410. En un sistema MIMO de M por N, el preámbulo tendrá N VHT-LTF. Estos símbolos, al igual que los símbolos de datos, incluyen una combinación de secuencias de entrenamiento conocidas en la posición de tonos piloto (datos predefinidos) y de tonos de datos. Como se describió anteriormente, el procesador de

transmisión de OFDM antepone el preámbulo frente a los datos del paquete como parte de la formación de los símbolos "que se vayan a modular".

[0028] En las normas inalámbricas hasta la norma 802.11n, los tonos piloto en los LTF están predefinidos para el espacio-tiempo múltiple pero cambiando entre los flujos LTF (STS) que cambian a través de los LTF para 1, 2 y así sucesivamente hasta L donde L es el número de STS. Dicha variación en el dominio de tiempo y espacial elimina la posibilidad de usar los tonos piloto en los LTF para la estimación y la corrección de fase. Como un modo de realización de la invención, se propone que los tonos piloto incorporados en los VHT-LTF sean los mismos para los flujos de espacio-tiempo. Como un modo de realización a modo de ejemplo, la matriz P (secuencia de cobertura de entrenamiento MIMO) se reemplaza por la matriz R (matriz de señal de recepción) en donde todas las filas de la matriz R son idénticas a la 1ª fila de la matriz P. Para evitar la conformación involuntaria de haces de transmisión, un retardo de desplazamiento cíclico (CSD) por flujo aún se aplica a todos los flujos después del mapeo R de los tonos piloto de los VHT-LTF antes de aplicar el retardo de desplazamiento cíclico por flujo. Esta constancia se explota por la invención para predecir una estimación de canal unidimensional a partir del primer VHT-LTF. Se usan otros VHT-LTF para realizar la estimación de fase y la información derivada se aplica inmediatamente para corregir la fase de los LTF recibidos en los tonos de datos. Al final, todos los VHT-LTF son con corrección de fase. La información de errores de fase está totalmente consolidada para obtener y se aplica a los tonos de datos en los símbolos de datos para su corrección. Esta información también se usa como un conjunto de información para la estimación de canal y la determinación de la matriz HAB/HBA en los tonos de datos.

[0029] En la Figura 2, en el lado de recepción, esto se ilustra por un bloque añadido entre el demodulador OFDM 275 y el procesador espacial de recepción 270, denominado en el presente documento bloque de seguimiento de fase 280. Después de recibir información de los transceptores de recepción 265, a través del procesador espacial de recepción 270, el bloque de seguimiento de fase 280 junto con el demodulador 275 realiza la estimación de canal 285 que se alimenta al procesamiento de recepción corriente abajo 295.

[0030] Los componentes de hardware del bloque de seguimiento de fase 500 se muestran en la Figura 5. El flujo de dominio de tiempo recibido 550 se convierte en el dominio de frecuencia a través de un procesador de Transformada Rápida de Fourier 502. La información del tono piloto posprocesado se envía a un rastreador de fase 501. El rastreador de fase se desactiva durante un primer VHT-LTF y se activa hasta la recepción del último VHT-LTF. Al realizar una estimación de canal sin usar la matriz P (matriz de secuencia de cubierta de entrenamiento), la información de corrección de fase se genera y consolida usando los tonos piloto en los VHT-LTF.

[0031] Las fases estimadas transportadas en 552 se multiplican 505 por el flujo de tono de datos 552 para alimentarse en el bloque de estimación de canal 504. La información de estimación de canal de datos se genera en 555 para transportarse al procesamiento de recepción corriente abajo. Debido a la corrección de fase añadida en los símbolos de datos, la estimación de canal es más precisa y menos propensa a errores. Dicha información de estimación cuando se usa en este nodo y una pluralidad de otros nodos a través del protocolo de intercambio (en inglés, handshaking) y la calibración, mejora el desempeño general de la red inalámbrica.

[0032] La Figura 6 ilustra la mezcla de tonos piloto 601 y de tonos de datos 602 en símbolos OFDM. La información de estimación de fase se aplica inmediatamente a todos los tonos de datos para su corrección.

[0033] Se supone que el sistema OFDM es L dimensional e implica Campos de Entrenamiento Largos 1 a L. Durante el primer VHT-LTF, los tonos piloto integrados se usan para estimar el canal de comunicación piloto en un camino unidimensional (flujo único). Matemáticamente, después de la Transformada Rápida de Fourier, la señal de recepción en el dominio de frecuencia se modela como:

$$r_{n,l}(k) = \exp(j\theta_l) \cdot s(k) \cdot \sum_{m=1}^M h_{n,m}(k) p_{m,l} \quad (\text{Ecuación 1})$$

En la ecuación 1, k es el índice de tono en el símbolo OFDM particular, l es el índice del símbolo OFDM. El sistema MIMO es M por N dimensional, lo que implica que el transmisor tiene M antenas y el receptor tiene N antenas, donde los índices correspondientes son m y n respectivamente. El índice m oscila de 1 a M y el índice n oscila de 1 a N.

Para el m transmisor y el n-ésimo receptor, la respuesta de canal se representa matemáticamente como $h_{n,m}(k)$ para el k tono. $s(k)$ es la secuencia de entrenamiento de canal en el k-ésimo tono de datos, mientras que θ_l es la rotación de fase para el l-ésimo símbolo. $p_{m,l}$ es la secuencia de cubierta de entrenamiento MIMO en la m-ésima antena transmisora y el l-ésimo símbolo OFDM. P, definido como $P = [p_{m,l}]$ es la secuencia completa de cubierta de entrenamiento MIMO.

[0034] En cuanto al resultado, $r_{n,l}(k)$ representa las muestras recibidas de la n-ésima antena receptora en el k-ésimo tono del l-ésimo símbolo OFDM. Por consiguiente, $R_l(k) = [r_{1,l}(k) \ r_{2,l}(k) \ \Delta \ r_{N,l}(k)]$ es el vector de señal de recepción completo.

[0035] En un modo de realización de la presente invención, para realizar un seguimiento de fase durante el VHT-LTF, la secuencia de cubierta de entrenamiento MIMO $P_{m,l}$ no se usa en tonos piloto. Por consiguiente, derivando de la Ecuación 1, los tonos piloto de recepción después de FFT pueden modelarse por:

$$r_{n,l}(k) = \exp(j\theta_l) \cdot s(k) \sum_{m=1}^M h_{n,m}(k) \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde el índice k representa el índice de tonos piloto. Debido a la falta de P, sólo se estima un canal unidimensional en los tonos piloto.

$$h_n(k) = \sum_{m=1}^M h_{n,m}(k) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Paso 1: En el primer VHT-LTF, para cada tono piloto k, un canal unidimensional H(k) se estima como:

$$\hat{h}_n(k) = r_{n,1}(k) / s(k) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Paso 2: Para el VHT-LTF 1 a 1, la rotación de fase se estima basándose en cada uno de los tonos piloto como:

$$\hat{\theta}_l = \sum_{k \in \{\text{tonos piloto}\}} \sum_{n=1}^N r_{n,1}(k) \cdot \hat{h}_n(k) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Paso 3: Para los tonos de datos para el VHT-LTF 1 a 1, la Ecuación 5 se usa para corregir la fase de los tonos de datos recibidos (RX) como:

$$\tilde{r}_{n,l}(k) = r_{n,l}(k) \cdot \hat{\theta}_l \quad (\text{Ecuación 6})$$

[0036] Esencialmente, el k -ésimo vector de tono de datos se corrige usando la estimación de fase a partir de los tonos piloto. Estos pasos terminan con el 1-ésimo VHT-LTF.

[0037] En un modo de realización de la presente invención, para el equilibrio de los tonos de datos, la estimación de canal MIMO se calcula usando la matriz P y la matriz de corrección de fase para cada 1 a M antena a cada antena 1 a N de acuerdo con la ecuación:

$$\hat{H} = \tilde{R} \cdot P^T (P \cdot P^T)^{-1} \quad (\text{Ecuación 7})$$

donde

$\hat{H}(k) = [\hat{h}_{n,m}(k)]$: Estimación de canal MIMO en el k- tono de datos

$\tilde{R}(k) = [\tilde{r}_{n,m}(k)]$: matriz de señal recibida con corrección de fase en el k -ésimo tono de datos.

[0038] En un modo de realización de la presente invención, la matriz de estimación de canal es una función del vector de recepción por el k -ésimo tono y la corrección de fase correspondiente se aplica con la información derivada de los tonos piloto en el VHT-LTF. Con esta corrección y el uso de la estimación de canal así derivada, se ve que la relación de señal de recepción/ruido aumenta debido a la cancelación de errores de fase tanto lineales como no lineales.

[0039] La Figura 7 ilustra la línea de tiempo del procesamiento de señales implicado en el seguimiento y de la corrección de fase basándose en los VHT-LTF. En un modo de realización de la presente invención, durante el primer VHT-LTF 701, el bloque de seguimiento de fase 704 está implicado en una estimación de canal unidimensional, la corrección de fase está desactivada y el bloque de estimación de canal MIMO 706 está en la fase de almacenamiento en memoria intermedia 707. Durante el segundo 702 a L-1 VHT-LTF 708, el bloque de seguimiento de fase estima la fase, y la corrección de fase para los tonos de datos está activada. El bloque de estimación de canal 706 permanece en el modo de almacenamiento en memoria intermedia. Durante el L-ésimo VHT-LTF 703, la estimación de fase finaliza, la corrección de fase 705 para los tonos de datos continúa y la estimación de canal MIMO se activa al final de 709.

[0040] La Figura 8 captura los pasos anteriores en términos de un diagrama de flujo 800. En un modo de realización de la presente invención, el flujo de recepción derivado de los transceptores de radiofrecuencia después de la

recepción de la antena se alimenta para recibir procesadores espaciales. Después de procesar desde los procesadores espaciales, el flujo entra en el rastreador de fase y en el bloque del demodulador OFDM donde tiene lugar 801 el procesamiento del preámbulo. Si el bloque de decisión 802 determina un primer VHT-LTF, para cada uno de sus tonos piloto, el canal de recepción unidimensional se estima sin usar la matriz P ya que la matriz de secuencia de cubierta para los tonos piloto tiene valores idénticos 804. Si el bloque de decisión 802 determina un VHT-LTF que no es el primero, los bloques 803 y 805 realizan la estimación para los tonos piloto y la corrección de fase para los tonos de datos, que continúa a través del último bloque de decisión 808 hasta el último VHT-LTF.

5

[0041] Para los símbolos de datos, la estimación de canal se lleva a cabo 809 hasta el último símbolo de datos en la trama a través del bloque de decisión 807 después de lo cual la estimación de canal se desactiva 806 y el preámbulo de procesamiento comienza para la siguiente trama a través de la reentrada en 801. El producto final de los pasos es una matriz de estimación de canal más precisa para la dimensión m por n que se usa en el procesamiento de recepción corriente abajo y para el intercambio de información [handshaking] con otros nodos.

10

[0042] En la memoria descriptiva anterior, los modos de realización se han descrito con referencia a numerosos detalles específicos que pueden variar de una implementación a otra implementación. Por tanto, el único y exclusivo indicador de lo que es la invención, y es la intención del solicitante que sea la invención, es el conjunto de reivindicaciones que surgen de esta solicitud, en la forma específica en que se emiten dichas reivindicaciones, incluida cualquier corrección posterior. Por lo tanto, ninguna limitación, elemento, propiedad, característica, ventaja o atributo que no se mencione expresamente en una reivindicación debe limitar el alcance de dicha reivindicación de ninguna manera. Por consiguiente, la memoria descriptiva y los dibujos deben considerarse en un sentido ilustrativo, en vez de en un sentido restrictivo.

15

20

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de recepción de seguimiento de fase (800) para un sistema de comunicación inalámbrica, el procedimiento que comprende:

5 iniciar el procesamiento (801) de un preámbulo de una trama inalámbrica recibida por múltiples flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo una pluralidad de campos de entrenamiento largos de muy alto rendimiento, VHT-LTF (410), incluyendo cada uno de los VHT-LTF tonos piloto (601) y tonos de datos (602), en donde los tonos piloto son los mismos para los múltiples flujos de espacio-tiempo;

10 para un primer VHT-LTF de la pluralidad de VHT-LTF, estimar (802, 804) una primera respuesta de canal unidimensional para cada uno de los tonos piloto del primer VHT-LTF;

15 para un segundo VHT-LTF de la pluralidad de VHT-LTF, estimar (803) una primera rotación de fase en respuesta a la primera respuesta de canal unidimensional y a los tonos piloto del segundo VHT-LTF; y

20 aplicar (805) una corrección de fase a los tonos de datos del segundo VHT-LTF en respuesta a la primera rotación de fase, generando de este modo una pluralidad de tonos de datos corregidos para un procesamiento corriente abajo.

2. El procedimiento según la reivindicación 1 en donde el procesamiento corriente abajo comprende calcular una estimación de canal para una pluralidad de antenas receptoras y transmisoras usando la pluralidad de tonos de datos corregidos.

- 25 3. El procedimiento según la reivindicación 1 que incluye además el modelado de tonos piloto mediante computación:

$$r_{n,l}(k) = \exp(j\theta_l) \cdot s(k) \sum_{m=1}^M h_{n,m}(k)$$

30 en donde θ_l es una rotación de fase de un símbolo de entrenamiento largo OFDM, k es un índice de un tono, s(k) es una secuencia de entrenamiento de canal, M es un número de transmisores en el sistema de comunicación inalámbrica, m es un índice de un transmisor en el sistema de comunicación inalámbrica, n es un índice de un receptor en el sistema de comunicación inalámbrica, y h es una respuesta de canal.

- 35 4. El procedimiento según la reivindicación 3 en donde la estimación de la respuesta de canal unidimensional para cada tono piloto incluye la computación:

$$\hat{h}_n(k) = r_{n,l}(k) / s(k)$$

40 y la estimación de la primera rotación de fase basándose en todas las respuestas de canal unidimensional estimadas incluye la computación:

$$\hat{\theta}_l = \sum_{k \in \{\text{tonos piloto}\}} \sum_{n=1}^N r_{n,l}(k) \cdot \hat{h}_n(k)$$

45 en donde n es un índice de un receptor en el sistema de comunicación inalámbrica, y N es un número de receptores en el sistema de comunicación inalámbrica.

5. El procedimiento según la reivindicación 4 en el que la aplicación de la corrección de fase incluye la computación:

$$\tilde{r}_{n,l}(k) = r_{n,l}(k) \cdot \hat{\theta}_l$$

6. El procedimiento según la reivindicación 5 en donde el procesamiento corriente abajo

$$\hat{H} = \tilde{R} \cdot P^T (P \cdot P^T)^{-1}$$

55 incluye la computación:

en donde \tilde{R} es una matriz de señal recibida con corrección de fase, P es una secuencia de cubierta de entrenamiento de múltiple entrada múltiple salida (MIMO), y P^T es una transposición de matriz de P.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

para un tercer VHT-LTF de la pluralidad de VHT-LTF, estimar una segunda rotación de fase en respuesta a la primera respuesta de canal unidimensional estimada, la primera rotación de fase y los tonos piloto del tercer VHT-LTF; y

aplicar una segunda corrección de fase a los tonos de datos del tercer VHT-LTF en respuesta a la segunda rotación de fase, generando de este modo una segunda pluralidad de tonos de datos corregidos para el procesamiento corriente abajo.

8. El procedimiento según la reivindicación 1, en donde el procedimiento comprende al menos uno de entre:

no aplicar una secuencia de cubierta de entrenamiento MIMO a los tonos piloto; y

aplicar una matriz de señal de recepción (matriz R) a los tonos piloto, en donde todas las filas de la matriz R son idénticas.

9. Un aparato de comunicaciones inalámbricas que comprende:

una pluralidad de antenas operables para recibir y transmitir señales, en donde las señales se particionan en intervalos de frecuencia;

una cadena de transmisión acoplada a las antenas;

una cadena de recepción acoplada a las antenas, en donde la cadena de recepción está configurada para procesar preámbulos de una trama inalámbrica recibida por múltiples flujos de espacio-tiempo, incluyendo cada preámbulo una pluralidad de campos de entrenamiento largos de muy alto rendimiento, VHT-LTF (410), incluyendo cada uno de los VHT-LTF los tonos piloto (601) y los tonos de datos (602), en donde los tonos piloto son los mismos para los múltiples flujos de espacio-tiempo, en donde la cadena de recepción comprende:

un primer circuito para estimar una primera respuesta de canal unidimensional para cada uno de los tonos piloto de un primer VHT-LTF de la pluralidad de VHT-LTF;

un segundo circuito (501) para estimar para el segundo VHT-LTF de la pluralidad de VHT-LTF una primera rotación de fase en respuesta a la primera respuesta de canal unidimensional y a los tonos piloto del segundo VHT-LTF; y

un tercer circuito (505) para aplicar una corrección de fase a los tonos de datos del segundo VHT-LTF en respuesta a la primera rotación de fase, generando de este modo una pluralidad de tonos de datos corregidos para un circuito de procesamiento corriente abajo.

10. El aparato según la reivindicación 9 en donde el circuito de procesamiento corriente abajo está configurado para calcular una estimación de canal para una pluralidad de antenas receptoras y transmisoras que usan la pluralidad de tonos de datos corregidos.

11. El aparato según la reivindicación 9 en donde el primer circuito está configurado para modelar tonos piloto mediante la computación:

$$r_{n,l}(k) = \exp(j\theta_l) \cdot s(k) \sum_{m=1}^M h_{n,m}(k)$$

en donde θ_l es una rotación de fase de un símbolo de entrenamiento largo OFDM, k es un índice de un tono, s(k) es una secuencia de entrenamiento de canal, M es un número de transmisores en el aparato de comunicación inalámbrica, m es un índice de un transmisor en el aparato de comunicación inalámbrica, n es un índice de un receptor en el aparato de comunicación inalámbrica, y h es una respuesta de canal.

12. El aparato según la reivindicación 11 en donde el primer circuito está configurado además para estimar la respuesta de canal unidimensional para cada tono piloto mediante la computación:

$$\hat{h}_n(k) = r_{n,l}(k) / s(k)$$

y el segundo circuito está configurado para estimar la rotación de fase basándose en todas las respuestas de canal unidimensional estimadas mediante la computación:

$$\hat{\theta}_l = \sum_{k \in \{\text{tonos piloto}\}} \sum_{n=1}^N r_{n,l}(k) \cdot \hat{h}_n(k).$$

en donde n es un índice de un receptor en el aparato de comunicación inalámbrica y N es un número de receptores en el aparato de comunicación inalámbrica.

- 10 **13.** El aparato según la reivindicación 12, en donde el tercer circuito está configurado además para aplicar la corrección de fase mediante la computación:

$$\tilde{r}_{n,l}(k) = r_{n,l}(k) \cdot \hat{\theta}_l$$

15 y

en donde el circuito de procesamiento descendente está configurado para computar:

$$\hat{H} = \tilde{R} \cdot P^T (P \cdot P^T)^{-1}$$

en donde \tilde{R} es una matriz de señal recibida con corrección de fase, P es una secuencia de cubierta de entrenamiento de múltiple entrada múltiple salida (MIMO), y P^T es una transposición de matriz de P.

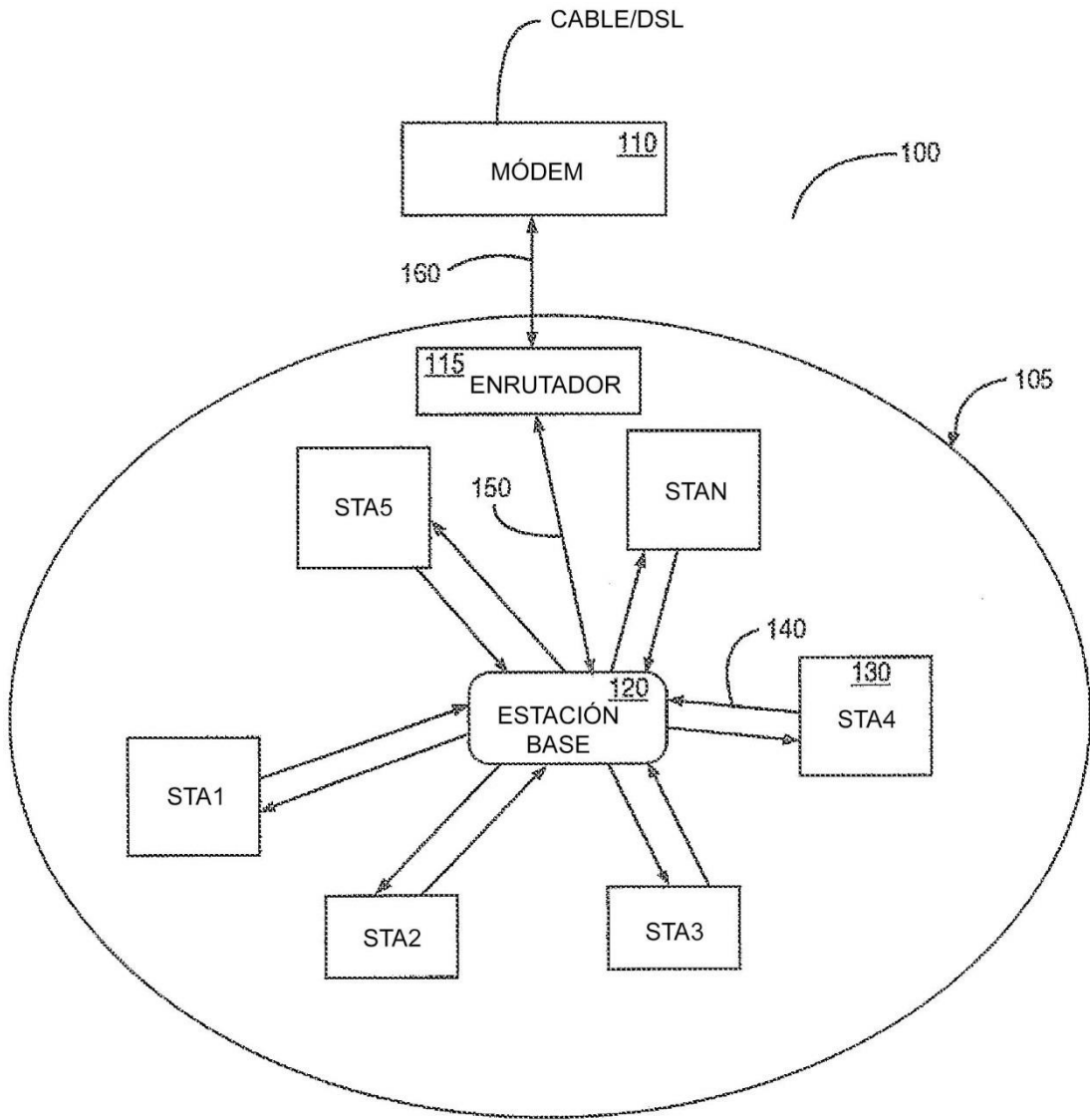
- 25 **14.** El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 9 en donde la cadena de transmisión comprende:

un circuito configurado para compilar un flujo de datos de transmisión;

30 un circuito configurado para distribuir un preámbulo y una carga útil desde el flujo de datos de transmisión compilado en una pluralidad de flujos espaciales paralelos, en donde un conjunto de información idéntica se mapea al preámbulo en la pluralidad de flujos espaciales paralelos para estimar un conjunto de características de canal y un error de fase en la recepción; y

35 un circuito configurado para transmitir la pluralidad de flujos espaciales paralelos usando una pluralidad de transceptores de radiofrecuencia.

- 15.** El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 14 en donde el conjunto de información idéntica mapeada al preámbulo comprende un flujo único de tonos piloto mapeados para la pluralidad de flujos espaciales paralelos.



RED LAN INALÁMBRICA TÍPICA EN EL HOGAR O EN EL NEGOCIO

FIG. 1

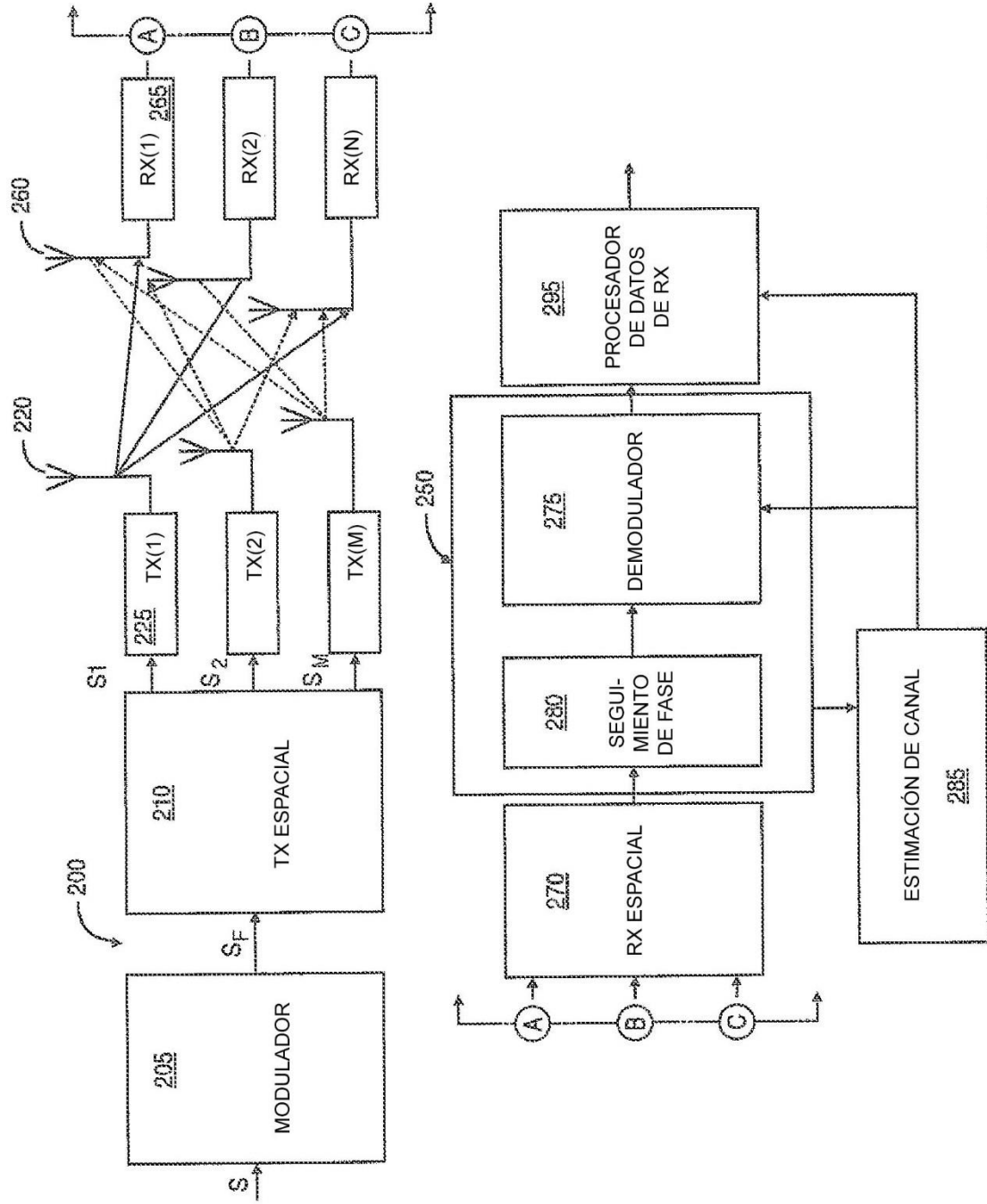
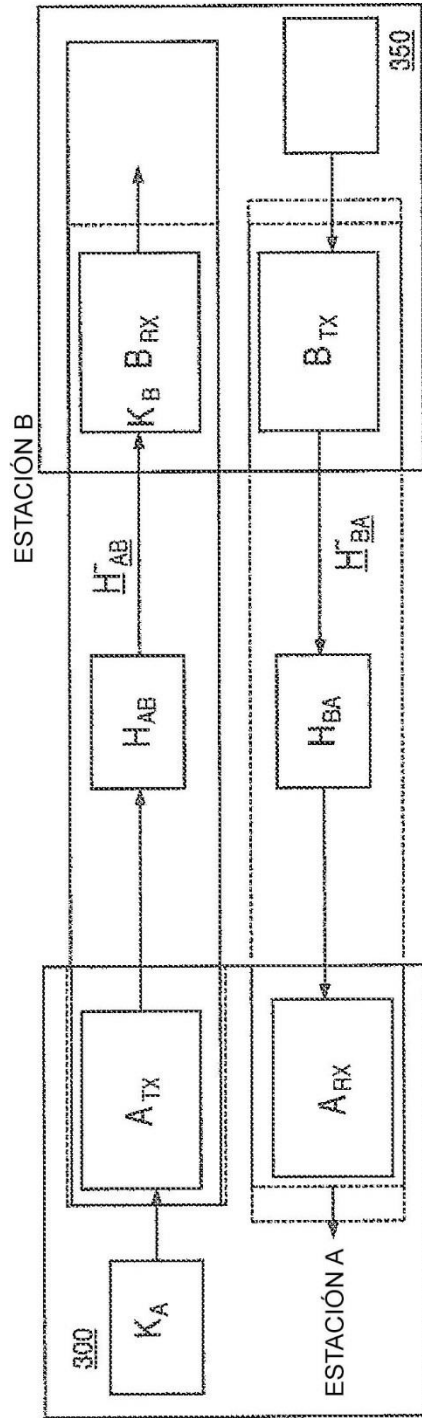


FIG. 2

TRANSMITIR Y RECIBIR DE FORMA INALÁMBRICA CON SEGUIMIENTO DE FASE



COMUNICACIÓN DE NODO A NODO INALÁMBRICA

FIG. 3

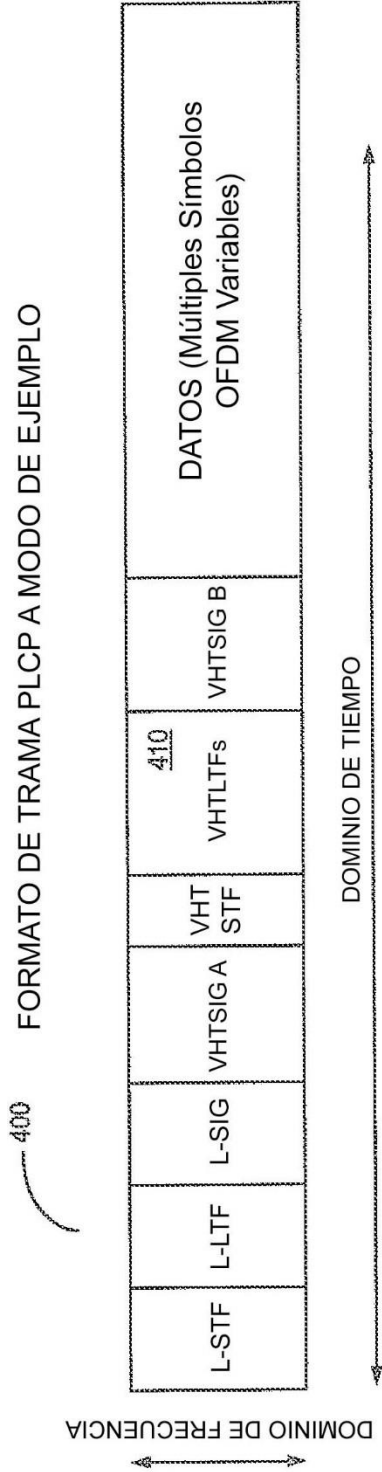


FIG. 4

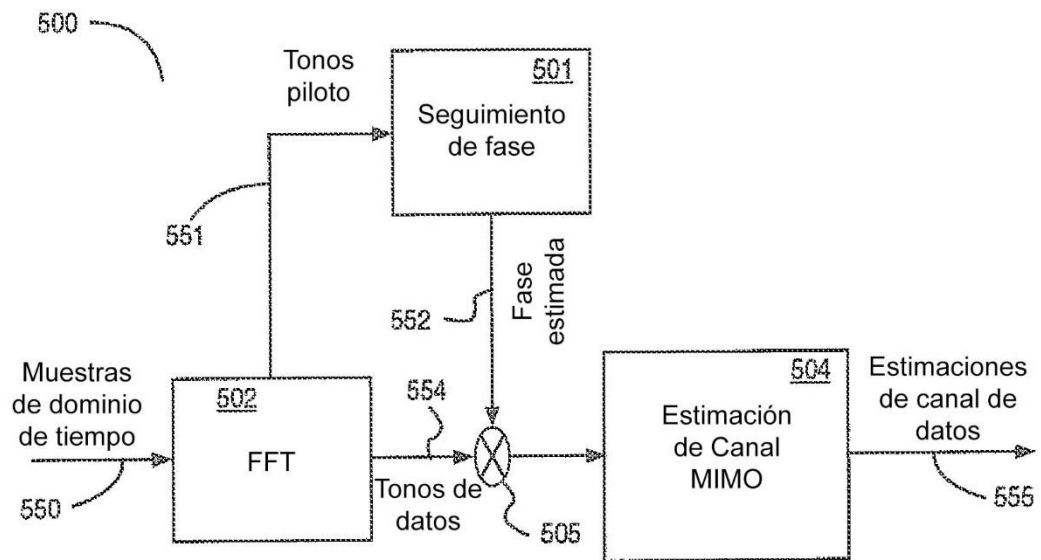
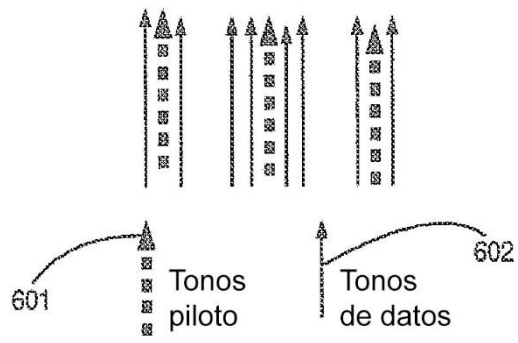


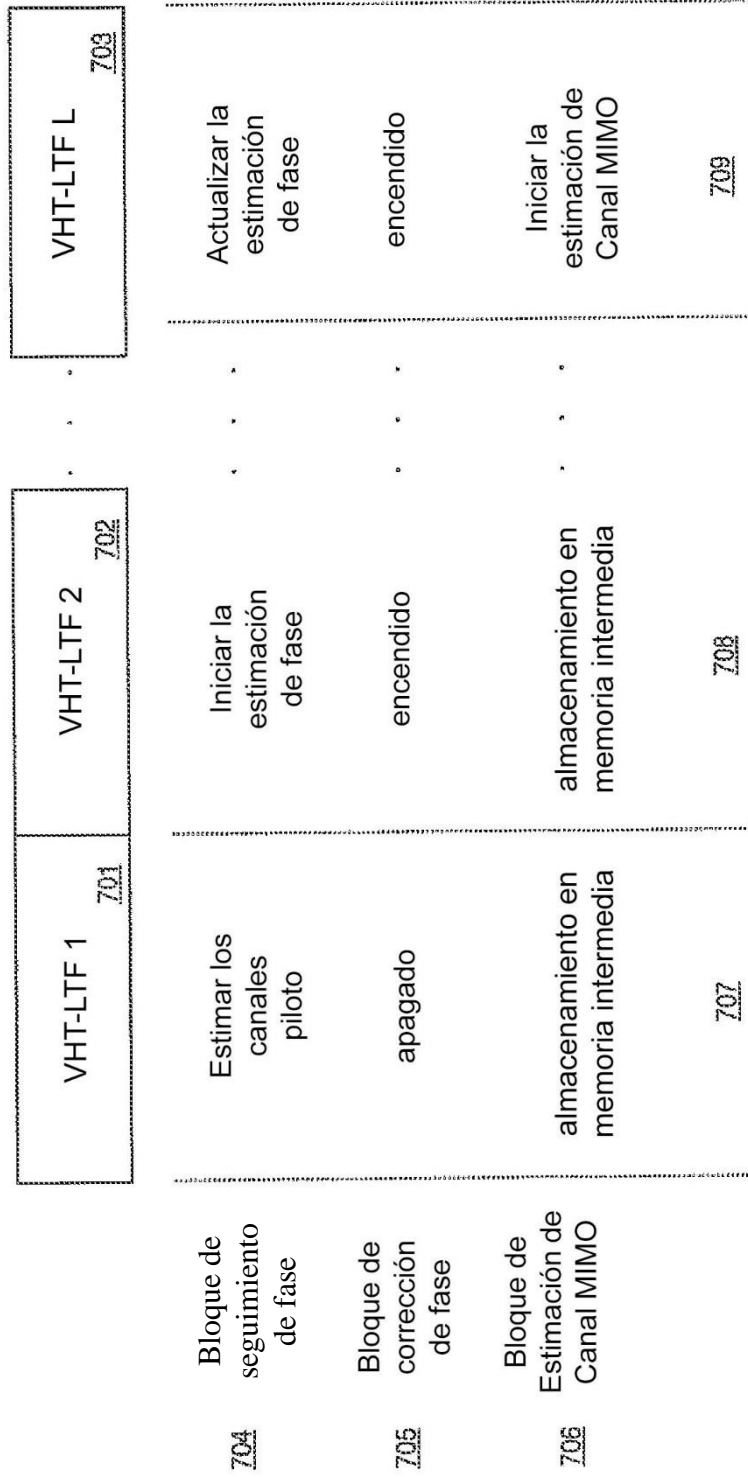
DIAGRAMA DE BLOQUE DE SEGUIMIENTO Y CORRECCIÓN DE FASE

FIG. 5



Notas: Grosor para distinguir solamente

FIG. 6



Línea de Tiempo de Procesamiento de Señal

FIG. 7

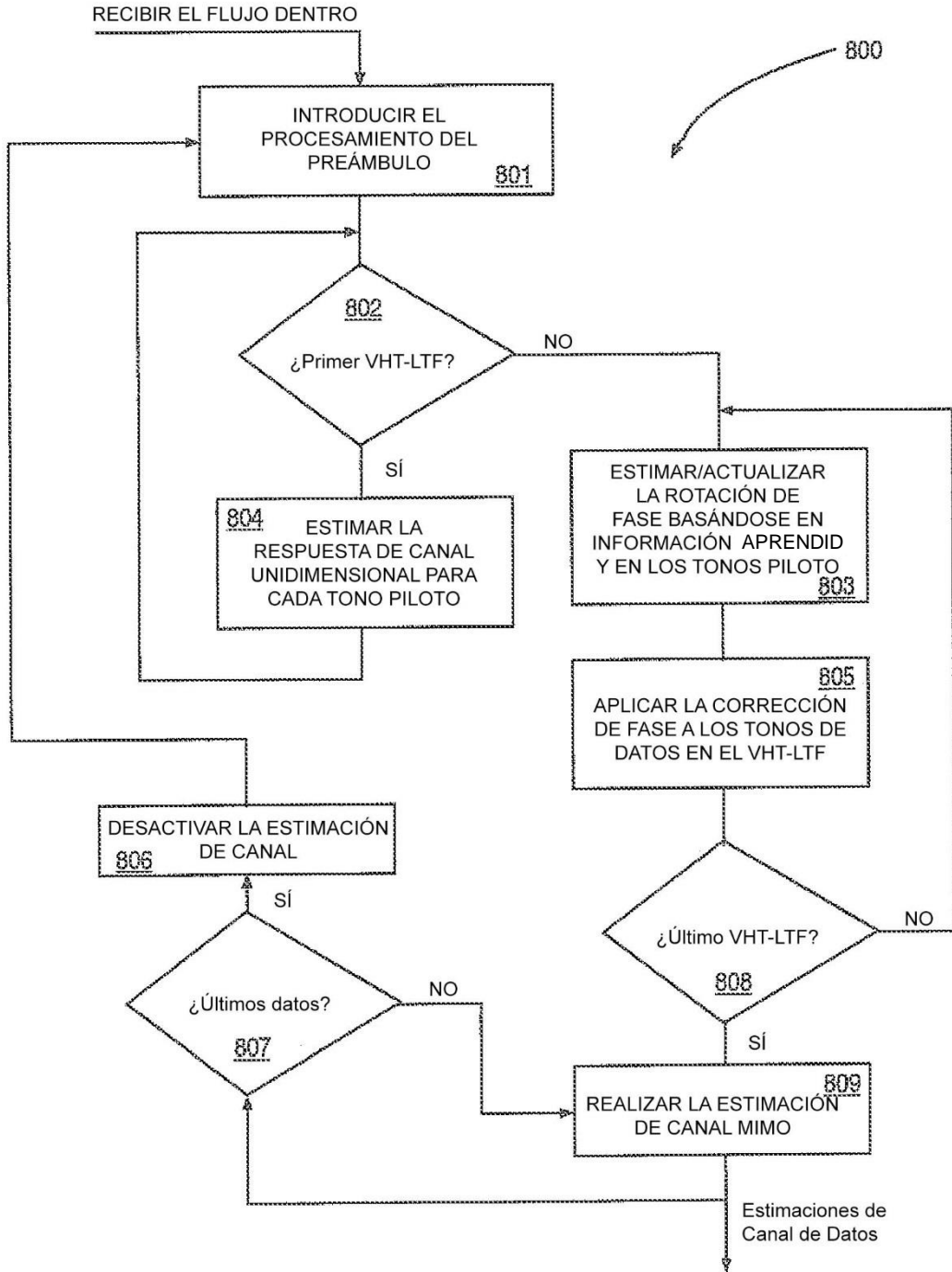


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PREÁMBULO Y CORRECCIÓN DE FASE BASÁNDOSE EN VHT_LTF

FIG. 8