

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 275**

51 Int. Cl.:

H04B 7/0413 (2007.01)

H04L 5/00 (2006.01)

H04B 7/04 (2007.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2006 PCT/US2006/032860**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2007 WO07024913**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2006 E 06802139 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 1917737**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la selección de antenas virtuales**

30 Prioridad:

22.08.2005 US 710371 P

24.08.2005 US 711144 P

27.10.2005 US 261823

15.03.2006 US 377458

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

31.10.2018

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)

5775 Morehouse Drive

San Diego, CA 92121, US

72 Inventor/es:

KIM, BYOUNG-HOON y

KADOUS, TAMER

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 688 275 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

Procedimiento y aparato para la selección de antenas virtuales

5 **Reivindicación de prioridad en virtud del artículo 35 U.S.C. §119**

10 **[0001]** La presente solicitud reivindica la prioridad de las solicitudes provisionales de Estados Unidos con n.º de serie 60/710,371, titulada "A METHOD OF SELECTIVE-PSEUDO RANDOM VIRTUAL ANTENNA PERMUTATION [UN PROCEDIMIENTO DE PERMUTACIÓN DE ANTENAS VIRTUALES PSEUDO-ALEATORIO SELECTIVO]", presentada el 22 de agosto de 2005, y con n.º de serie 60/711,144, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR ANTENNA DIVERSITY IN MULTI-INPUT MULTI-OUTPUT COMMUNICATION SYSTEMS [PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA DIVERSIDAD DE ANTENA EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE MÚLTIPLES ENTRADAS Y MÚLTIPLES SALIDAS]", presentada el 24 de agosto de 2005, y la solicitud de Estados Unidos 11/261,823, titulada "METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING ANTENNA DIVERSITY IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM [PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA PROPORCIONAR DIVERSIDAD DE ANTENA EN UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA]", presentada el 27 de octubre de 2005.

ANTECEDENTES20 **I. Campo**

[0002] La presente divulgación se refiere en general a la comunicación y, de forma más específica, a técnicas para transmitir datos en un sistema de comunicación inalámbrica.

25 **II. Antecedentes**

30 **[0003]** En un sistema de comunicación inalámbrica, un transmisor (por ejemplo, una estación base o un terminal) puede utilizar múltiples (T) antenas transmisoras para transmisión de datos a un receptor equipado con múltiples (R) antenas receptoras. Las múltiples antenas transmisoras y receptoras pueden usarse para aumentar el rendimiento y/o mejorar la fiabilidad. Por ejemplo, el transmisor puede transmitir T símbolos simultáneamente desde las T antenas transmisoras para mejorar el rendimiento. De forma alternativa, el transmisor puede transmitir el mismo símbolo de forma redundante desde todas las T antenas transmisoras para mejorar la recepción mediante el receptor.

35 **[0004]** La transmisión desde cada antena transmisora causa interferencia a las transmisiones de las otras antenas transmisoras. En algunos casos, se puede lograr un mejor rendimiento transmitiendo menos de T símbolos simultáneamente desde las T antenas transmisoras. Esto se puede lograr seleccionando un subconjunto de las T antenas transmisoras y transmitiendo menos de T símbolos del subconjunto seleccionado de antena (s) transmisoras. Las antenas transmisoras que no se utilizan para la transmisión no causan interferencia a la(s) antena(s) transmisoras que se utilizan para la transmisión. Por lo tanto, se puede lograr un rendimiento mejorado para el subconjunto seleccionado de antena(s) transmisoras.

45 **[0005]** Cada antena transmisora está típicamente asociada con cierta potencia de transmisión máxima que puede usarse para esa antena. La potencia máxima de transmisión puede ser determinada por un amplificador de potencia utilizado para la antena transmisora, restricciones regulatorias y/u otros factores. Para cada antena transmisora que no se utiliza para la transmisión, la potencia de transmisión de esa antena se desperdicia esencialmente. El documento US 2004/0203347A1 divulga mecanismos para seleccionar un conjunto de antenas para su uso en un sistema de comunicación inalámbrica.

50 **[0006]** Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de técnicas para utilizar más eficazmente la potencia de transmisión disponible para las antenas transmisoras.

SUMARIO

55 **[0007]** La invención se define en las reivindicaciones independientes 1, 15, 20, 27 y 30. Las técnicas para transmitir datos desde antenas virtuales en lugar de antenas físicas se describen en el presente documento. Una antena física es una antena utilizada para radiar una señal. Una antena física típicamente tiene una potencia de transmisión máxima limitada, que a menudo está determinada por un amplificador de potencia asociado. Una antena virtual es una antena desde la cual se pueden enviar datos. Una antena virtual puede corresponder a un haz formado combinando múltiples antenas físicas a través de un vector de coeficientes o ponderaciones. Se pueden formar múltiples antenas virtuales con múltiples antenas físicas de manera que cada antena virtual se asigne a algunas o a todas las antenas físicas mediante una asignación diferente, como se describe a continuación. Las antenas virtuales permiten el uso eficiente de la potencia de transmisión disponible de las antenas físicas.

65 **[0008]** En un aspecto, se evalúa el rendimiento de diferentes conjuntos de al menos una antena virtual, y se selecciona para su uso el conjunto de antena(s) virtual(es) con el mejor rendimiento. El rendimiento se puede

cuantificar mediante diversas métricas, como la calidad de la señal, el rendimiento, la velocidad global, etc. En un modo de realización, se evalúan múltiples hipótesis basadas en al menos una métrica. Cada hipótesis corresponde a un conjunto diferente de al menos una antena virtual. La hipótesis con el mejor rendimiento (por ejemplo, la calidad de señal, el rendimiento o la velocidad global más alta) se selecciona entre todas las hipótesis evaluadas. Si la selección de antena virtual se realiza mediante el receptor, entonces la información de estado del canal para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) puede enviarse al transmisor. La información de estado del canal puede transmitir diversos tipos de información, como la(s) antena(s) virtual(es) seleccionadas, la calidad de la señal o la(s) velocidad(es) de la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s), una o más matrices utilizadas para formar la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s), etc. El transmisor y/o receptor puede(n) usar la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) para la transmisión de datos.

[0009] A continuación se describen en más detalle diversos aspectos y modos de realización de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] Las características y la naturaleza de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se considere conjuntamente con los dibujos, en los que los caracteres de referencia iguales identifican a las partes correspondientes de principio a fin.

La FIG. 1 muestra un diagrama de bloques de un transmisor y un receptor.

La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques de un procesador espacial de transmisión (TX).

La FIG. 3 muestra un modelo de transmisión para antenas virtuales.

Las FIGs. 4A y 4B muestran dos transmisiones a modo de ejemplo desde antenas virtuales.

La FIG. 5 muestra la selección de antena virtual para cuatro antenas virtuales.

La FIG. 6 muestra un ejemplo de distribución de potencia de llenado de agua.

La FIG. 7 muestra un proceso para seleccionar y usar antenas virtuales.

La FIG. 8 muestra un aparato para seleccionar y usar antenas virtuales.

La FIG. 9 muestra un proceso para transmitir datos desde antenas virtuales.

La FIG. 10 muestra un aparato para transmitir datos desde antenas virtuales.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0011] Los términos "a modo de ejemplo" se usan en el presente documento en el sentido de "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". No debe considerarse necesariamente que cualquier modo de realización o diseño descritos en el presente documento como "a modo de ejemplo" sean preferidos o ventajosos con respecto a otros modos de realización o diseños.

[0012] La FIG. 1 muestra un diagrama de bloques de un modo de realización de un transmisor 110 y un receptor 150 en un sistema de comunicación 100. El transmisor 110 está equipado con múltiples (T) antenas, y el receptor 150 está equipado con múltiples (R) antenas. Cada antena transmisora y cada antena receptora pueden ser una antena física o una matriz de antenas. Para la transmisión de enlace descendente (o enlace directo), el transmisor 110 puede ser parte de, y puede contener, parte o la totalidad de la funcionalidad de una estación base, un punto de acceso, un Nodo B y/o alguna otra entidad de red. El receptor 150 puede ser parte de, y puede contener, parte o la totalidad de la funcionalidad de, una estación móvil, un terminal de usuario, un equipo de usuario, y/o algún otro dispositivo. Para transmisión de enlace ascendente (o enlace inverso), el transmisor 110 puede ser parte de una estación móvil, un terminal de usuario, un equipo de usuario, etc., y el receptor 150 puede ser parte de una estación base, un punto de acceso, un Nodo B, etc.

[0013] En el transmisor 110, un procesador de datos TX 120 recibe datos de tráfico de una fuente de datos 112 y procesa (por ejemplo, formatea, codifica, intercala y asigna símbolos) los datos de tráfico para generar símbolos de datos. Como se usa en el presente documento, un símbolo de datos es un símbolo de modulación para datos, un símbolo piloto es un símbolo de modulación para piloto, un símbolo de modulación es un valor complejo para un punto en una constelación de señales (por ejemplo, para M-PSK o M-QAM), y un símbolo es típicamente un valor complejo. Piloto son datos conocidos *a priori* tanto por el transmisor como por el receptor y también pueden denominarse entrenamiento, referencia, preámbulo, etc. Un procesador espacial TX 130 multiplexa los símbolos de datos con símbolos piloto, realiza un procesamiento espacial en los datos multiplexados y símbolos piloto, y proporciona T flujos de símbolos de transmisión a las T unidades transmisoras (TMTR) 132a a 132t. Cada unidad de

transmisor 132 procesa (por ejemplo, modula, convierte en analógico, filtra, amplifica y convierte) su flujo de símbolos de transmisión y genera una señal modulada. Las T señales moduladas desde las unidades transmisoras 132a a 132t se transmiten desde las antenas 134a a 134t, respectivamente.

5 **[0014]** En el receptor 150, las R antenas 152a a 152r reciben las T señales moduladas, y cada antena 152 proporciona una señal recibida a una unidad receptora respectiva (RCVR) 154. Cada unidad receptora 154 procesa su señal recibida de una manera complementaria al procesamiento realizado por las unidades transmisoras 132 para obtener símbolos recibidos, proporciona símbolos recibidos para datos de tráfico a un procesador espacial de recepción (RX) 160, y proporciona símbolos recibidos para piloto a un procesador de canal 194. El procesador de canal 194 estima la respuesta del canal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) desde el transmisor 110 al receptor 150 basándose en los símbolos recibidos para piloto (y posiblemente los símbolos recibidos para datos de tráfico) y proporciona estimaciones de canal al procesador espacial RX 160. El procesador espacial RX 160 realiza la detección en los símbolos recibidos para datos de tráfico con las estimaciones de canal y proporciona estimaciones de símbolos de datos. Un procesador 170 de datos RX procesa adicionalmente (por ejemplo, desintercala y descodifica) las estimaciones de símbolos de datos y proporciona datos descodificados a un colector de datos 172.

20 **[0015]** El receptor 150 puede evaluar las condiciones del canal y puede enviar información de estado del canal al transmisor 110. La información de estado del canal puede indicar, por ejemplo, un conjunto específico de al menos una antena virtual para usar para transmisión, una o más matrices usadas para formar la antena o antenas virtuales seleccionadas, una o más velocidades o formatos de paquete para usar para la transmisión, calidad de señal para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s), confirmaciones (ACK) y/o confirmaciones negativas (NAK) para paquetes descodificados por el receptor 150, otros tipos de información o cualquier combinación de los mismos. La información de estado del canal es procesada (por ejemplo, codificada, intercalada y asignada por símbolos) por un procesador de señalización TX 180, procesada espacialmente por un procesador espacial TX 182, y procesada adicionalmente por unidades transmisoras 154a a 154r para generar R señales moduladas, que se transmiten a través de las antenas 152a a 152r.

30 **[0016]** En el transmisor 110, las R señales moduladas son recibidas por las antenas 134a a 134t, procesadas por las unidades receptoras 132a a 132t, procesadas espacialmente por un procesador espacial RX 136, y procesadas adicionalmente (por ejemplo, desintercaladas y descodificadas) por un procesador de señalización RX 138 a recuperar la información del estado del canal. Un controlador/procesador 140 controla la transmisión de datos al receptor 150 basándose en la información de estado del canal. Un procesador de canal 144 puede estimar la respuesta del canal MIMO desde el receptor 150 al transmisor 110 y puede proporcionar la información pertinente utilizada para la transmisión de datos al receptor 150.

35 **[0017]** Los controladores/procesadores 140 y 190 controlan el funcionamiento en el transmisor 110 y el receptor 150, respectivamente. Las memorias 142 y 192 almacenan datos y códigos de programa para el transmisor 110 y el receptor 150, respectivamente.

40 **[0018]** Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para diversos sistemas de comunicación inalámbrica tales como un sistema de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), un sistema de acceso múltiple por división de código (CDMA), un sistema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), un sistema de acceso múltiple por división espacial (SDMA), un sistema FDMA ortogonal (OFDMA), un sistema FDMA de una sola portadora (SC-FDMA), etc. Un sistema OFDMA utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM). OFDM y SC-FDMA dividen el ancho de banda global del sistema en múltiples (K) subportadoras ortogonales, que también se denominan tonos, bins, etc. Cada subportadora puede ser modulada con datos. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio de la frecuencia con OFDM y, en el dominio del tiempo, con SC-FDMA.

50 **1. Procesamiento del transmisor**

[0019] El transmisor puede transmitir uno o más símbolos de salida simultáneamente desde las T antenas transmisoras en cada subportadora en cada período de símbolo. Cada símbolo de salida puede ser un símbolo de modulación para OFDM, un símbolo de dominio de frecuencia para SC-FDMA, o algún otro valor complejo. El transmisor puede transmitir los símbolos de salida usando varios esquemas de transmisión.

[0020] En un modo de realización, el transmisor procesa los símbolos de salida para la transmisión, de la siguiente manera:

60
$$\underline{x}(k) = \underline{U} \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k) , \quad \text{Ec (1)}$$

donde

65 $\underline{s}(k)=[s_1(k) \ s_2(k) \ \dots \ s_V(k)]^T$ es un vector $V \times 1$ que contiene símbolos de salida V que se enviarán en la subportadora k en un período de símbolo,

\underline{G} es una matriz diagonal $V \times V$ que contiene las ganancias para los símbolos de salida V ,

$\underline{P}(k)$ es una matriz de permutación $T \times V$ para la subportadora k ,

$\underline{U} = [\underline{u}_1 \ \underline{u}_2 \ \dots \ \underline{u}_T]$ es una matriz ortonormal $T \times T$,

$\underline{x}(k) = [x_1(k) \ x_2(k) \ \dots \ x_T(k)]^T$ es un vector $T \times 1$ que contiene T símbolos de transmisión que se enviarán desde las T antenas transmisoras en la subportadora k en un período de símbolo, y

" T " denota una transposición.

Por simplicidad, la descripción en el presente supone que la potencia promedio de cada elemento $s_i(k)$ en el vector $\underline{s}(k)$ es la unidad. La ecuación (1) es para una subportadora k . El transmisor puede realizar el mismo procesamiento para cada subportadora utilizada para la transmisión.

[0021] T es el número de antenas transmisoras. T es también el número de antenas virtuales disponibles para su uso y formadas con columnas \underline{u}_1 a \underline{u}_T de la matriz ortonormal \underline{U} . Las antenas virtuales también pueden llamarse antenas efectivas o mediante alguna otra terminología. V es el número de símbolos de salida que se envían simultáneamente en una subportadora en un período de símbolo. V es también la cantidad de antenas virtuales utilizadas para la transmisión. En general, $1 \leq V \leq \min \{T, R\}$. V puede ser un parámetro configurable que se puede seleccionar como se describe a continuación.

[0022] Aunque no se muestra en la ecuación (1), el transmisor puede emplear diversidad de retardo cíclico para mejorar la selectividad de frecuencia de las antenas virtuales. La diversidad de retardo cíclico puede implementarse (1) en el dominio de frecuencia aplicando una rampa de fase diferente a través de las subportadoras K de cada antena transmisora o (2) en el dominio de tiempo aplicando T retardos cíclicos diferentes para las T antenas transmisoras. Por simplicidad, la siguiente descripción es para el modo de realización mostrado en la ecuación (1) sin diversidad de retardo cíclico.

[0023] En la ecuación (1), la matriz de ganancia \underline{G} determina la cantidad de potencia de transmisión que se utilizará para cada uno de los símbolos de salida en V que se envían simultáneamente. En un modo de realización, la matriz de ganancia se define de tal manera que la potencia de transmisión total P_{total} para las T antenas transmisoras se utiliza para la transmisión, independientemente del número de símbolos de salida enviados, es decir, independientemente del valor de V . En un modo de realización, la potencia de transmisión total está uniforme o regularmente distribuida a través de los símbolos de salida V , y la matriz de ganancia puede definirse como:

$$\underline{G} = \sqrt{\frac{T}{V} \cdot \frac{P_{tx}}{K}} \cdot \underline{I}, \quad \text{Ec (2)}$$

donde \underline{I} es la matriz de identidad y P_{tx} es la potencia de transmisión máxima para cada antena transmisora. La ecuación (2) supone que todas las subportadoras K se utilizan para la transmisión. En este modo de realización, se puede usar una mayor potencia de transmisión para cada símbolo de salida si se envían menos símbolos de salida. En otros modos de realización, la potencia de transmisión total puede estar distribuida de manera no uniforme o desigual a través de los símbolos de salida en V .

[0024] La matriz de permutación $\underline{P}(k)$ selecciona V antenas virtuales específicas (o V columnas específicas de \underline{U}) para usar para la subportadora k entre las T antenas virtuales disponibles. La matriz de permutación se puede definir de varias maneras, como se describe a continuación. Se pueden usar las mismas o diferentes matrices de permutación para las K subportadoras.

[0025] La matriz ortonormal \underline{U} se caracteriza por la propiedad $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{I}$, donde \underline{U}^H es la transposición conjugada de \underline{U} . Las columnas T de \underline{U} son ortogonales entre sí, y cada columna tiene poder unitario. En un modo de realización, \underline{U} se define de tal manera que la suma de la magnitud al cuadrado de las entradas T en cada fila es igual a un valor constante. Esta propiedad da como resultado que se usa la misma potencia de transmisión para todas las T antenas transmisoras. \underline{U} también puede ser una matriz unitaria que se caracteriza por la propiedad $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{U} \cdot \underline{U}^H = \underline{I}$.

[0026] Varias matrices ortonormales y unitarias pueden usarse para formar las antenas virtuales. En un modo de realización, se usa una matriz $T \times T$ Walsh/Hadamard \underline{W} para \underline{U} . En otro modo de realización, una matriz de Fourier $T \times T$ \underline{F} se usa para \underline{U} . En otro modo de realización más, \underline{U} se forma como $\underline{U} = \underline{\Delta} \cdot \underline{F}$, donde $\underline{\Delta}$ es una matriz diagonal que contiene valores de escala T para las filas T de \underline{F} . Por ejemplo, $\underline{\Delta}$ se puede definir como $\underline{\Delta} = \text{diag} \{1 \ e^{j\theta_1} \ \dots \ e^{j\theta_{T-1}}\}$, donde θ_t para $t=1, \dots, T-1$ pueden ser fases aleatorias que cambian las direcciones espaciales representadas por las

columnas de \underline{F} . En otro modo de realización más, \underline{U} es una matriz ortonormal con elementos pseudoaleatorios. Varias otras matrices también se pueden usar para \underline{U} .

[0027] En un modo de realización, se usa una única matriz ortonormal \underline{U} para todas las subportadoras K en todos los periodos de símbolos. En este modo de realización, \underline{U} no es una función del índice de subportadora k ni del índice de símbolo n . En otro modo de realización, se usan diferentes matrices ortonormales para diferentes subportadoras. En otro modo de realización más, se usan diferentes matrices ortonormales para diferentes conjuntos de subportadoras que pueden asignarse a diferentes usuarios. En otro modo de realización más, se usan diferentes matrices ortonormales para diferentes intervalos de tiempo, donde cada intervalo de tiempo puede abarcar uno o múltiples periodos de símbolos. En otro modo de realización más, una o más matrices ortonormales se seleccionan para usar entre un conjunto de matrices ortonormales disponibles para su uso. En general, los datos y el piloto se pueden transmitir utilizando una o más matrices ortonormales de modo que el receptor pueda estimar la respuesta del canal basándose en el piloto y usar la estimación del canal para recuperar los datos enviados al receptor.

[0028] Se puede seleccionar una matriz ortonormal (por ejemplo, una matriz de Walsh/Hadamard o una matriz de Fourier) para su uso sin conocimiento de la respuesta del canal MIMO. Una matriz ortonormal también se puede seleccionar basándose en el conocimiento de la respuesta del canal MIMO y luego se puede hacer referencia a ella como una matriz de precodificación. La matriz de precodificación puede ser seleccionada por el receptor e indicada en el transmisor o puede ser seleccionada por el transmisor en un sistema de comunicación TDD.

[0029] La FIG. 2 muestra un modo de realización del procesador espacial TX 130, que realiza el procesamiento mostrado en la ecuación (1). El procesador espacial TX 130 incluye una unidad de escalado de potencia 210, una unidad de asignación de antena de símbolo a virtual 220, y una unidad de asignación espacial 230. Dentro de la unidad 210, V multiplicadores 212a a 212v reciben V símbolos de salida $s_1(k)$ a $s_V(k)$, respectivamente, en el vector $\underline{s}(k)$, multiplican estos símbolos de salida con ganancias g_1 a g_V , respectivamente, en la matriz de ganancia \underline{G} , y proporcionan V símbolos escalados. Los multiplicadores 212a a 212v realizan la multiplicación de matriz $\underline{G} \cdot \underline{s}(k)$.

[0030] En el modo de realización mostrado en la FIG. 2, cada símbolo escalado está asignado a una antena virtual por la unidad 220. V antenas virtuales a_1 a a_V se seleccionan para su uso entre T antenas virtuales disponibles 1 a T , donde $a_1, a_2, \dots, a_V \in \{1, \dots, T\}$. La unidad 220 incluye V multiplexores (Mux) 222a a 222v. Cada multiplexor 222 recibe los V símbolos escalados de los multiplicadores 212a a 212v y proporciona uno de los V símbolos escalados en su salida. Los multiplexores 222a a 222v realizan la multiplicación de la matriz con la matriz de permutación $T \times V$ $\underline{P}(k)$ y proporcionan V símbolos asignados $s_{a_1}(k)$ a $s_{a_V}(k)$ para las V antenas virtuales seleccionadas y $T - V$ símbolos nulos que son descartados. En otros modos de realización, un símbolo de salida escalado puede asignarse a múltiples antenas virtuales.

[0031] La unidad 230 multiplica cada símbolo asignado con una columna respectiva de la matriz \underline{U} y genera un vector para ese símbolo. La unidad 230 incluye V conjuntos de multiplicadores 232a a 232v para las V antenas virtuales y los T sumadores 236a a 236t para las antenas transmisoras T . Cada conjunto multiplicador 232 incluye T multiplicadores 234 para las T antenas transmisoras. El símbolo asignado $s_{a_1}(k)$ para la antena virtual a_1 se multiplica por los T elementos de la columna \underline{u}_{a_1} en la matriz \underline{U} por los T multiplicadores 234aa a 234at para generar un vector con T elementos. Estos T elementos indican estos componentes de símbolo asignados para las T antenas transmisoras. El símbolo asignado para cada antena virtual restante se multiplica por una columna respectiva de \underline{U} para generar un vector para ese símbolo asignado. El sumador 236a suma las salidas de los V multiplicadores 234aa a 234va y genera el símbolo de transmisión $x_1(k)$ para la antena transmisora 1. Cada sumador restante 236 suma la salida de un conjunto respectivo de V multiplicadores 234 y genera un símbolo de transmisión para su antena transmisora. Los sumadores 236a a 236t proporcionan T símbolos de transmisión $x_1(k)$ a $x_T(k)$ en el vector $\underline{x}(k)$ para las T antenas transmisoras. Los multiplicadores 234 y los sumadores 236 realizan la multiplicación de la matriz por la matriz \underline{U} .

[0032] Como se muestra en la FIG. 2, cada símbolo asignado se envía desde una antena virtual pero desde todas las T antenas transmisoras. Se obtienen V vectores para la transmisión de los V símbolos asignados en las V antenas virtuales seleccionadas. Estos V vectores se agregan para generar el vector de símbolo de transmisión $\underline{x}(k)$.

[0033] La FIG. 3 muestra un modelo 300 para el esquema de transmisión dado por la ecuación (1). El procesador espacial TX 130 en el transmisor recibe el vector de símbolos de salida $\underline{s}(k)$ para cada subportadora y período de símbolo. Dentro del procesador espacial TX 130, la unidad de escalado de potencia 210 multiplica el vector de símbolos de salida $\underline{s}(k)$ por la matriz de ganancia \underline{G} . La unidad de asignación de antena de símbolo a virtual 220 multiplica el vector de símbolos de escalado por la matriz de permutación $\underline{P}(k)$ y genera un vector $T \times 1$ que contiene V símbolos asignados para enviar a través de las V antenas virtuales seleccionadas y $T - V$ símbolos nulos a descartar. La unidad de asignación espacial 230 multiplica el vector de símbolos permutados por la matriz ortonormal \underline{U} y genera el vector de símbolos de transmisión $\underline{x}(k)$. El vector de símbolo de transmisión $\underline{x}(k)$ se transmite desde las T antenas transmisoras y a través de un canal MIMO 250 a las R antenas receptoras en el receptor.

[0034] Los símbolos recibidos en el receptor pueden expresarse como:

$$\begin{aligned}
 \underline{\mathbf{r}}(k) &= \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{x}}(k) + \underline{\mathbf{n}}(k) \quad , \\
 &= \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{U}} \cdot \underline{\mathbf{P}}(k) \cdot \underline{\mathbf{G}} \cdot \underline{\mathbf{s}}(k) + \underline{\mathbf{n}}(k) \quad , \\
 &= \underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k) \cdot \underline{\mathbf{P}}(k) \cdot \underline{\mathbf{G}} \cdot \underline{\mathbf{s}}(k) + \underline{\mathbf{n}}(k) \quad , \\
 &= \underline{\mathbf{H}}_{used}(k) \cdot \underline{\mathbf{s}}(k) + \underline{\mathbf{n}}(k) \quad ,
 \end{aligned}$$

Ec (3)

5
donde

$\underline{\mathbf{H}}(k)$ es una matriz de respuesta de canal MIMO real $R \times T$ para la subportadora k ,

10 $\underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k)$ es una matriz de respuesta de canal MIMO virtual $R \times T$ para la subportadora k ,

$\underline{\mathbf{H}}_{used}(k)$ es una matriz de respuesta del canal MIMO $R \times V$ utilizada para la subportadora k ,

15 $\underline{\mathbf{r}}(k)$ es un vector $R \times 1$ que contiene R símbolos recibidos de las R antenas receptoras en la subportadora k en un período de símbolo, y

$\underline{\mathbf{n}}(k)$ es un vector de ruido $R \times 1$ para la subportadora k .

Para simplificar, se puede suponer que el ruido es un ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) con un vector de
20 media cero y una matriz de covarianza de $\underline{\mathbf{n}}(k) = \sigma_n^2 \cdot \underline{\mathbf{I}}$, donde σ_n^2 es la varianza del ruido.

[0035] Las matrices de respuesta del canal MIMO virtual y usado se pueden dar como:

$$\begin{aligned}
 \underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k) &= \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{U}} \quad , \\
 &= [\underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_1 \quad \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_2 \quad \dots \quad \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_T] \quad ,
 \end{aligned}$$

Ec (4)

25

$$\begin{aligned}
 \underline{\mathbf{H}}_{used}(k) &= \underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k) \cdot \underline{\mathbf{P}}(k) \cdot \underline{\mathbf{G}} \quad , \\
 &= [\underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_{a_1} \cdot g_1 \quad \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_{a_2} \cdot g_2 \quad \dots \quad \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_{a_V} \cdot g_V] \quad ,
 \end{aligned}$$

Ec (5)

donde

30 $\underline{\mathbf{u}}_t$, para $t=1, \dots, T$, es la t -ésima columna de $\underline{\mathbf{U}}$ para la t -ésima antena virtual disponible,

$\underline{\mathbf{u}}_{av}$, para $v = 1, \dots, V$, es la columna de $\underline{\mathbf{U}}$ para la v -ésima antena virtual usada,

35 $\text{diag}\{\underline{\mathbf{G}}\} = \{g_1 \quad g_2 \quad \dots \quad g_V\}$ son las ganancias de los V flujos de datos enviados desde las V antenas virtuales utilizadas, y

$$\{\underline{\mathbf{u}}_{a_1} \quad \underline{\mathbf{u}}_{a_2} \quad \dots \quad \underline{\mathbf{u}}_{a_V}\} \subset \{\underline{\mathbf{u}}_1 \quad \underline{\mathbf{u}}_2 \quad \dots \quad \underline{\mathbf{u}}_T\}.$$

40 [0036] Las T antenas transmisoras están asociadas con los T vectores de respuesta del canal real $\underline{\mathbf{h}}_1(k)$ a $\underline{\mathbf{h}}_T(k)$. Las T antenas virtuales disponibles están asociadas a T vectores de respuesta de canal virtual $\underline{\mathbf{h}}_{virtual,1}(k) = \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_1$ a $\underline{\mathbf{h}}_{virtual,T}(k) = \underline{\mathbf{H}}(k) \cdot \underline{\mathbf{u}}_T$. Cada vector $\underline{\mathbf{h}}_{virtual,t}(k)$ se forma con toda la matriz de respuesta del canal MIMO real $\underline{\mathbf{H}}(k)$.

[0037] Como se muestra en la ecuación (4) e ilustra en la FIG. 3, se forma un canal MIMO virtual con T antenas virtuales con la matriz ortonormal $\underline{\mathbf{U}}$. Un canal MIMO usado está formado por las V antenas virtuales que se usan para la transmisión. La multiplicación de $\underline{\mathbf{H}}(k)$ por $\underline{\mathbf{U}}$ no cambia las propiedades estadísticas de $\underline{\mathbf{H}}(k)$. Por lo tanto, el canal MIMO real $\underline{\mathbf{H}}(k)$ y el canal MIMO virtual $\underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k)$ tienen un rendimiento similar. Sin embargo, la multiplicación por $\underline{\mathbf{U}}$ permite la utilización total de la potencia de transmisión total para todas las T antenas transmisoras. La potencia de transmisión máxima para cada antena transmisora se puede denotar como P_{tx} , y la potencia de transmisión total para las T antenas transmisoras se pueden denotar como $P_{total} = T \cdot P_{tx}$. Si los símbolos de salida V se transmiten desde V antenas transmisoras sin multiplicación por $\underline{\mathbf{U}}$, entonces cada antena transmisora que se desactiva da como resultado el desperdicio de la potencia de transmisión P_{tx} para esa antena transmisora. Sin embargo, si los símbolos de salida V se transmiten desde V antenas virtuales con multiplicación por $\underline{\mathbf{U}}$, entonces

cada símbolo de salida se envía desde todas las T antenas transmisoras, la potencia de transmisión P_{tx} para cada antena transmisora puede usarse independientemente del número de antenas virtuales seleccionadas para su uso, y la potencia total de transmisión P_{total} para todas las T antenas transmisoras se puede distribuir a través de las V antenas virtuales.

5 [0038] Para el esquema de transmisión que se muestra en la ecuación (1), un sistema R×T MIMO se reduce efectivamente a un sistema R×V MIMO. El transmisor aparece como si tuviera V antenas virtuales en lugar de T antenas transmisoras, donde $1 \leq V \leq T$.

10 [0039] El transmisor puede transmitir V flujos de datos en V antenas virtuales seleccionadas. Las V antenas virtuales seleccionadas pueden estar asociadas con diferentes cualidades de señal y pueden tener diferentes capacidades de transmisión. En un modo de realización, cada flujo de datos se envía desde una antena virtual respectiva. Se puede seleccionar una velocidad adecuada para cada flujo de datos basándose en la capacidad de transmisión de la antena virtual utilizada para ese flujo de datos. En otro modo de realización, cada flujo de datos se envía a través de todas las V antenas virtuales seleccionadas para lograr un rendimiento similar para todos los flujos de datos V. Si una sola subportadora está disponible para la transmisión, cada flujo de datos puede enviarse desde las V antenas virtuales seleccionadas en diferentes periodos de símbolos. Si hay múltiples subportadoras disponibles para la transmisión, cada flujo de datos puede enviarse desde las V antenas virtuales seleccionadas en diferentes subportadoras. Si cada flujo de datos se envía desde todas las V antenas virtuales seleccionadas, entonces se puede seleccionar una única velocidad para todos los flujos de datos V basándose en la capacidad de transmisión media para las V antenas virtuales seleccionadas.

25 [0040] La FIG. 4A muestra un modo de realización de transmisión de dos flujos de datos desde dos antenas virtuales. En este modo de realización, están disponibles cuatro antenas virtuales, las antenas virtuales 2 y 4 se seleccionan para su uso, y las antenas virtuales 1 y 3 no se usan. Los símbolos de salida para el flujo de datos 1 se envían desde la antena virtual 2 en todas las subportadoras K. Los símbolos de salida para el flujo de datos 2 se envían desde la antena virtual 4 en todas las subportadoras K.

30 [0041] En el modo de realización mostrado en la FIG. 4A, se puede usar una sola matriz de permutación para todas las K subportadoras y se puede definir de la siguiente manera:

$$\mathbf{P}(k) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{para } k = 1, \dots, K. \quad \text{Ec (6)}$$

35 Cada fila de la matriz de permutación $\mathbf{P}(k)$ corresponde a una antena virtual disponible, y cada columna de $\mathbf{P}(k)$ corresponde a un flujo de datos. Para cada antena virtual que no se utiliza para la transmisión, la fila correspondiente de $\mathbf{P}(k)$ contiene todos los ceros. Para cada flujo de datos, la columna correspondiente de $\mathbf{P}(k)$ contiene una entrada de "1" para la antena virtual utilizada para ese flujo de datos.

40 [0042] La FIG. 4B muestra un modo de realización de transmisión de tres flujos de datos cíclicamente a través de las K subportadoras de tres antenas virtuales. En este modo de realización, están disponibles cuatro antenas virtuales; las antenas virtuales 1, 3 y 4 se seleccionan para su uso, y la antena virtual 2 no se usa. Los símbolos de salida para el flujo de datos 1 se envían desde la antena virtual 1 en las subportadoras 1, 4, 7, ..., desde la antena virtual 3 en las subportadoras 2, 5, 8, ..., y desde la antena virtual 4 en las subportadoras 3, 6, 9, Los símbolos de salida para cada uno de los otros dos flujos de datos también se envían a través de las subportadoras K de las tres antenas virtuales seleccionadas, como se muestra en la FIG. 4B.

45 [0043] En el modo de realización mostrado en la FIG. 4B, las matrices de permutación se pueden definir de la siguiente manera:

$$\mathbf{P}(1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P}(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P}(3) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \text{etc.} \quad \text{Ec (7)}$$

50 Los flujos de datos 1, 2 y 3 están asociados con las columnas 1, 2 y 3, respectivamente, de cada matriz de permutación. Para cada flujo de datos, la antena virtual utilizada para el flujo de datos se indica mediante una entrada de "1" en la fila correspondiente a la antena virtual. Como se muestra en la FIG. 4B e indica mediante la ecuación (7), cada flujo de datos salta de una antena virtual seleccionada a la siguiente antena virtual seleccionada

a través de las K subportadoras y se envuelve alrededor de la primera antena virtual seleccionada al alcanzar la última antena virtual seleccionada.

5 **[0044]** Las FIGs. 4A y 4B muestran modos de realización específicos de la asignación de flujos de datos a antenas virtuales. En general, se puede enviar cualquier cantidad de flujos de datos desde cualquier cantidad de antenas virtuales. Los flujos de datos pueden asignarse a las antenas virtuales seleccionadas de una manera determinística (p. ej., cíclica o secuencialmente usando permutaciones completas posibles) o una manera pseudoaleatoria basada en una secuencia de número pseudoaleatorios (PN) que es conocida por el transmisor y receptor. Un flujo de datos
10 dado se puede asignar a todas las antenas virtuales seleccionadas usando cualquier esquema de permutación o asignación de flujo, un ejemplo del cual se muestra en la FIG. 4B.

2. Procesamiento del receptor

15 **[0045]** El receptor puede usar varias técnicas de detección para recuperar los símbolos de salida enviados por el transmisor. Estas técnicas de detección incluyen una técnica de error cuadrático medio mínimo (MMSE), una técnica de forzado de cero (ZF), una técnica de combinación de relación máxima (MRC) y una técnica de cancelación de interferencia sucesiva (SIC). El receptor puede obtener una matriz de filtro espacial basándose en la técnica MMSE, ZF o MRC, de la siguiente manera:

$$\underline{\mathbf{M}}_{mmse}(k) = \underline{\mathbf{D}}_{mmse}(k) \cdot [\underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}(k) + \sigma_n^2 \cdot \underline{\mathbf{I}}]^{-1} \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k), \quad \text{Ec (8)}$$

$$\underline{\mathbf{M}}_{zf}(k) = [\underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}(k)]^{-1} \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k), \quad \text{y} \quad \text{Ec (9)}$$

20
$$\underline{\mathbf{M}}_{mrc}(k) = \underline{\mathbf{D}}_{mrc}(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k), \quad \text{Ec (10)}$$

donde

25
$$\underline{\mathbf{Q}}(k) = [\underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}(k) + \sigma_n^2 \cdot \underline{\mathbf{I}}]^{-1} \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}(k),$$

$$\underline{\mathbf{D}}_{mmse}(k) = [\text{diag}\{\underline{\mathbf{Q}}(k)\}]^{-1}, \quad \text{y}$$

$$\underline{\mathbf{D}}_{mrc}(k) = [\text{diag}\{\underline{\mathbf{H}}_{used}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{used}(k)\}]^{-1}.$$

30 En las ecuaciones (8) y (10), $\underline{\mathbf{D}}_{mmse}(k)$ y $\underline{\mathbf{D}}_{mrc}(k)$ son matrices diagonales $V \times V$ de valores de escalado utilizados para obtener estimaciones normalizadas de los símbolos de salida.

[0046] El receptor puede realizar la detección de la siguiente manera:

35
$$\underline{\hat{\mathbf{s}}}(k) = \underline{\mathbf{M}}(k) \cdot \underline{\mathbf{r}}(k) = \underline{\mathbf{s}}(k) + \underline{\tilde{\mathbf{n}}}(k), \quad \text{Ec (11)}$$

donde

40 $\underline{\mathbf{M}}(k)$ es una matriz de filtro espacial $V \times R$ que tal vez $\underline{\mathbf{M}}_{mmse}(k)$, $\underline{\mathbf{M}}_{zf}(k)$ o $\underline{\mathbf{M}}_{mrc}(k)$,

$\underline{\hat{\mathbf{s}}}(k)$ es un vector $V \times 1$ con V estimaciones de símbolos, y

$\underline{\tilde{\mathbf{n}}}(k)$ es un vector de ruido después de la detección.

45 **[0047]** El receptor puede obtener una estimación de $\underline{\mathbf{H}}(k)$, $\underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k)$ y/o $\underline{\mathbf{H}}_{used}(k)$ basándose en un piloto recibido del transmisor. Por simplicidad, la descripción del presente documento no supone ningún error de estimación de canal. El receptor puede obtener $\underline{\mathbf{H}}_{used}(k)$ basándose en $\underline{\mathbf{H}}(k)$ o $\underline{\mathbf{H}}_{virtual}(k)$ y los $\underline{\mathbf{U}}$, $\underline{\mathbf{P}}(k)$ y $\underline{\mathbf{G}}$ conocidos. El receptor puede entonces obtener $\underline{\mathbf{M}}(k)$ basado en $\underline{\mathbf{H}}_{used}(k)$ para las V antenas virtuales seleccionadas. La dimensión de $\underline{\mathbf{M}}(k)$ depende de la cantidad de antenas virtuales utilizadas para la transmisión. Las estimaciones de símbolo en $\underline{\hat{\mathbf{s}}}(k)$ son estimaciones de los símbolos de salida en $\underline{\mathbf{s}}(k)$.

[0048] El receptor puede realizar la detección como se muestra en la ecuación (11) para cada subportadora k en cada período de símbolo n para obtener estimaciones de símbolos para esa subportadora y período del símbolo. El receptor puede deasignar las estimaciones de símbolos para todas las subportadoras y períodos de símbolos en flujos de una manera complementaria a la asignación de antena de símbolo a virtual mediante el transmisor. El receptor puede entonces procesar (por ejemplo, desmodular, desintercalar y descodificar) los flujos de estimaciones de símbolos para obtener flujos de datos descodificados.

[0049] La calidad de las estimaciones de símbolos depende de la técnica de detección utilizada por el receptor. En general, la calidad de la señal se puede cuantificar mediante la relación señal-ruido (SNR), la relación señal-ruido-interferencia (SINR), la relación energía-por-símbolo-ruido (Es/No), etc. Para mayor claridad, la SNR se usa para representar la calidad de la señal en la siguiente descripción.

[0050] La SNR para la técnica MMSE se puede expresar como:

$$\gamma_{\text{mmse},v}(k) = \frac{q_v(k)}{1 - q_v(k)}, \quad \text{para } v = 1, \dots, T, \quad \text{Ec (12)}$$

donde

$q_v(k)$ es el v -ésimo elemento diagonal de $\underline{\mathbf{Q}}(k)$ para la subportadora k , y

$\gamma_{\text{mmse},v}(k)$ es la SNR de la subportadora k de la antena virtual v con detección MMSE.

[0051] La SNR para la técnica ZF se puede expresar como:

$$\gamma_{\text{zf},v}(k) = \frac{1}{r_v(k) \cdot \sigma_n^2}, \quad \text{para } v = 1, \dots, T, \quad \text{Ec (13)}$$

donde

$r_v(k)$ es el v -ésimo elemento diagonal de $\text{diag} \{ [\underline{\mathbf{H}}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{\text{used}}(k)]^{-1} \}$ para la subportadora k , y

$\gamma_{\text{zf},v}(k)$ es la SNR de la subportadora k de la antena virtual v con detección de ZF. Las ecuaciones (12) y (13) suponen que la potencia promedio de cada elemento del vector de símbolo de transmisión $\underline{\mathbf{s}}(k)$ es unitaria. Las SNR para otras técnicas de detección son conocidos en la técnica y no se describen en el presente documento.

[0052] Las ecuaciones (12) y (13) dan SNR en unidades lineales. La SNR también puede darse en decibelios (dB) de la siguiente manera:

$$\text{SNR}_v(k) = 10 \log_{10} \{ \gamma_v(k) \}, \quad \text{Ec (14)}$$

donde $\gamma_v(k)$ es SNR en unidades lineales y $\text{SNR}_v(k)$ es la SNR correspondiente en dB.

[0053] Para la técnica SIC, el receptor recupera los V flujos de datos en V etapas o capas, un flujo de datos en cada etapa y cancela la interferencia de cada flujo de datos descodificados antes de recuperar el siguiente flujo de datos. Para la primera etapa, el receptor realiza la detección en los símbolos recibidos (por ejemplo, usando la técnica MMSE, ZF o MRC como se muestra en la ecuación (11)) y obtiene estimaciones de símbolos para un flujo de datos. El receptor a continuación procesa (por ejemplo, desmodula, desintercala y descodifica) las estimaciones de símbolos para obtener un flujo de datos descodificados. El receptor estima entonces la interferencia debida a este flujo de datos mediante (1) recodificación, intercalado y asignación de símbolos del flujo de datos descodificados de la misma manera realizada por el transmisor para este flujo y (2) multiplicación de los símbolos de salida reconstruidos por los vectores de respuesta de canal MIMO usados para obtener componentes de interferencia debido a este flujo. El receptor entonces resta las componentes de interferencia de los símbolos recibidos para obtener símbolos recibidos modificados. Para cada etapa posterior, el receptor procesa los símbolos recibidos modificados de la etapa anterior de la misma manera que la primera etapa para recuperar un flujo de datos.

[0054] Para la técnica SIC, la SNR de cada flujo de datos descodificada depende de (1) la técnica de detección (por ejemplo, MMSE, ZF o MRC) utilizada para el flujo, (2) la etapa específica en la que se recupera el flujo de datos, y (3) la cantidad de interferencia debida a flujos de datos recuperados en etapas posteriores. En general, SNR mejora para flujos de datos recuperados en etapas posteriores porque la interferencia de flujos de datos recuperados en etapas anteriores se cancela. Esto puede permitir que se usen velocidades más altas para los flujos de datos recuperados en etapas posteriores.

[0055] En un aspecto, se evalúa el rendimiento de diferentes conjuntos o combinaciones de antena(s) virtual(es) y se selecciona el conjunto de antena(s) virtual(es) con el mejor rendimiento para su uso. El rendimiento se puede cuantificar mediante diversas métricas, como la calidad de la señal (por ejemplo, SNR), el rendimiento, la velocidad global, etc. La selección de antena virtual se puede realizar de varias maneras.

[0056] En un modo de realización, se evalúan todos los conjuntos posibles de una o más antenas virtuales. Cada conjunto de antena virtual posible también se denomina una hipótesis. Hay 2^{T-1} hipótesis totales para T antenas virtuales disponibles: una hipótesis para T antenas virtuales, T hipótesis para T-1 antenas virtuales, etc., y T hipótesis para una antena virtual. Se pueden evaluar M hipótesis, donde $M=2^{T-1}$ si se evalúan todas las hipótesis posibles. La hipótesis m , para $m=1, \dots, M$, es para un conjunto específico de antena(s) virtual(es) que se denota como A_m . Las M hipótesis son para M diferentes conjuntos de antenas virtuales.

[0057] En un modo de realización, el rendimiento se determina con una distribución uniforme de la potencia de transmisión total a través de las antenas virtuales seleccionadas. Para una hipótesis con V antenas virtuales, donde $1 \leq V \leq T$, la potencia de transmisión total se puede distribuir de la siguiente manera:

$$P_{m,v}(k) = \frac{T \cdot P_{tx}}{V \cdot K}, \quad \text{para } v \in A_m, \quad \text{Ec (15)}$$

donde $P_{m,v}(k)$ es la potencia de transmisión para la subportadora k de la antena virtual v en la hipótesis m . En la ecuación (15), la potencia total de transmisión de datos $P_{total} = T \cdot P_{tx}$ se distribuye uniformemente a través de las antenas virtuales V, y a cada antena virtual se le asigna $P_{va} = T \cdot P_{tx} / V$. La potencia de transmisión asignada P_{va} para cada antena virtual se distribuye entonces uniformemente a través de las subportadoras K de esa antena virtual. P_{va} y $P_{m,v}(k)$ son más grandes para hipótesis con menos antenas virtuales. La ecuación (15) también indica que solo la(s) antena(s) virtual(es) en el conjunto A_m tienen potencia de transmisión asignada, y a todas las otras antenas virtuales se les asigna potencia de transmisión cero (excepto la posible asignación para transmisiones piloto).

[0058] Para cada hipótesis m , se puede calcular la SNR de cada subportadora de cada antena virtual en la hipótesis, por ejemplo, como se muestra en las ecuaciones (12) a (14). Se debe tener en cuenta que $q_v(k)$ y $r_v(k)$ dependen de la potencia $P_{m,v}(k)$ utilizada para calcular $\underline{H}_{used}(k)$. Por lo tanto, la SNR depende de la cantidad de antenas virtuales en la hipótesis y es mayor si la hipótesis tiene menos antenas virtuales debido a la mayor $P_{m,v}(k)$.

[0059] En un modo de realización, el rendimiento se cuantifica mediante SNR media, que se puede calcular de la siguiente manera:

$$SNR_{avg,m} = \frac{1}{V \cdot K} \cdot \sum_{v \in A_m} \sum_{k=1}^K SNR_{m,v}(k), \quad \text{Ec (16)}$$

donde

$SNR_{m,v}(k)$ es la SNR de la subportadora k de la antena virtual v en la hipótesis m , y

$SNR_{avg,m}$ es la SNR media para la hipótesis m .

$SNR_{m,v}(k)$ y $SNR_{avg,m}$ están en unidades de dB.

[0060] En otro modo de realización, el rendimiento se cuantifica mediante la eficacia, que también se denomina eficiencia espectral, capacidad, etc. El rendimiento para la hipótesis m puede determinarse basándose en una función de capacidad no restringida, de la siguiente manera:

$$TP_m = \sum_{v \in A_m} \sum_{k=1}^K \log_2 [1 + \gamma_{m,v}(k)], \quad \text{Ec (17)}$$

donde

$\gamma_{m,v}(k)$ es la SNR de la subportadora k de la antena virtual v en la hipótesis m , y

TP_m es el rendimiento para la hipótesis m .

5 En la ecuación (17), $\gamma_{m,v}(k)$ está en unidades lineales, y el rendimiento de cada subportadora de cada antena virtual se da como $\log_2[1+\gamma_{m,v}(k)]$. El rendimiento de todas las subportadoras de todas las antenas virtuales en la hipótesis m se acumula para obtener el rendimiento global de la hipótesis. La función de capacidad no restringida en la ecuación (17) supone que los datos pueden transmitirse de manera fiable a la capacidad del canal MIMO.

10 **[0061]** El rendimiento para la hipótesis m también se puede determinar basándose en una función de capacidad restringida, de la siguiente manera:

$$TP_m = \sum_{v \in A_m} \sum_{k=1}^K \log_2 [1 + Q \cdot \gamma_{m,v}(k)] , \quad \text{Ec (18)}$$

15 donde Q es un factor de penalización utilizado para tener en cuenta diversos factores tales como el esquema de modulación, el esquema de codificación, la velocidad de codificación, el tamaño del paquete, los errores de estimación del canal, etc. El rendimiento también se puede calcular basándose en otras funciones de capacidad.

20 **[0062]** En otro modo de realización más, el rendimiento se cuantifica mediante una velocidad global. El sistema puede soportar un conjunto de velocidades. Cada velocidad puede asociarse con un esquema de codificación y modulación específico, una velocidad de codificación específica, una eficiencia espectral específica y una SNR mínima específica requeridas para alcanzar un nivel objetivo de rendimiento, por ejemplo, velocidad de error de paquete (PER) del 1 %. Para cada hipótesis m , se puede seleccionar una velocidad para cada antena virtual en la hipótesis basándose en las SNR para esa antena virtual. La selección de la velocidad se puede realizar de varias maneras.

25 **[0063]** Para la hipótesis m , se puede calcular una SNR media para cada antena virtual de la siguiente manera:

$$SNR_{avg,m,v} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K SNR_{m,v}(k) , \quad \text{para } v \in A_m , \quad \text{Ec (19)}$$

30 donde $SNR_{avg,m,v}$ es la SNR media para la antena virtual v en la hipótesis m .

[0064] Una SNR efectiva para cada antena virtual también se puede calcular de la siguiente manera:

$$SNR_{eff,m,v} = SNR_{avg,m,v} - SNR_{bo,m,v} , \quad \text{para } v \in A_m , \quad \text{Ec (20)}$$

35 donde

40 $SNR_{bo,m,v}$ es un factor de retroceso para la antena virtual v en la hipótesis m , y

$SNR_{eff,m,v}$ es la SNR efectiva para la antena virtual v en la hipótesis m .

45 El factor de retroceso se puede usar para tener en cuenta la variabilidad en las SNR a través de las K subportadoras de la antena virtual v y se puede establecer como $SNR_{bo,m,v} = K_{snr} \cdot \sigma_{snr,m,v}^2$, donde $\sigma_{snr,m,v}^2$ es la varianza de las SNR para antena virtual v y K_{snr} es una constante. El factor de retroceso también se puede usar para tener en cuenta otros factores como, por ejemplo, la codificación y la modulación utilizadas para la antena virtual v , el PER actual, etc.

[0065] Una SNR equivalente para cada antena virtual también se puede calcular de la siguiente manera:

$$TP_{m,v} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K \log_2 [1 + Q \cdot \gamma_{m,v}(k)] , \quad \text{y} \quad \text{Ec (21a)}$$

$$SNR_{eq,m,v} = 10 \log_{10} \left(\frac{2^{TP_{m,v}} - 1}{Q} \right) , \quad \text{para } v \in A_m , \quad \text{Ec (21b)}$$

donde

$TP_{m,v}$ es el rendimiento medio para cada subportadora de antena virtual v en la hipótesis m , y

$SNR_{eq,m,v}$ es la SNR equivalente para la antena virtual v en la hipótesis m .

La ecuación (21a) calcula el rendimiento medio para cada subportadora basándose en las SNR para todas las subportadoras K . La ecuación (21b) proporciona una SNR que proporciona el rendimiento medio a partir de la ecuación (21a).

[0066] $SNR_{avg,m,v}$, $SNR_{eff,m,v}$, o $SNR_{eq,m,v}$ para cada antena virtual se pueden proporcionar a una tabla de búsqueda de velocidades respecto a las SNR requeridas. A continuación, la tabla de búsqueda puede proporcionar la velocidad más alta que se puede usar para cada antena virtual. Las velocidades seleccionadas para todas las antenas virtuales en la hipótesis m pueden acumularse para obtener la velocidad global para la hipótesis m .

[0067] El rendimiento también se puede cuantificar mediante otras métricas, y esto está dentro del alcance de la presente invención. M valores métricos se obtienen para las M hipótesis que se evalúan. Estos valores métricos pueden ser para SNR media, rendimiento, velocidad global, etc. Se puede identificar la hipótesis con el mejor valor métrico (p. ej., la SNR media más alta, el rendimiento más alto o la velocidad global más alta) entre las M hipótesis. El conjunto de antena(s) virtual(es) para la hipótesis con el mejor valor métrico se puede seleccionar para su uso.

[0068] La FIG. 5 muestra la selección de antena virtual para un caso con cuatro antenas virtuales disponibles. Con $T=4$, hay $2^T-1=15$ hipótesis totales que se denotan como hipótesis 1 a 15. Cuatro hipótesis 1 a 4 son para una antena virtual, seis hipótesis 5 a 10 son para dos antenas virtuales, cuatro hipótesis 11 a 14 son para tres antenas virtuales, y una hipótesis 15 es para cuatro antenas virtuales. El conjunto de antena(s) virtual(es) para cada hipótesis se muestra en la FIG. 5. Por ejemplo, la hipótesis 2 es para una antena virtual 2 ($a_1=2$), la hipótesis 6 es para dos antenas virtuales 1 y 3 ($a_1=1$ y $a_2=3$), la hipótesis 12 es para tres antenas virtuales 1, 2 y 4 ($a_1=1$, $a_2=2$ y $a_3=4$), y la hipótesis 15 es para las cuatro antenas virtuales 1 a 4 ($a_1=1$, $a_2=2$, $a_3=3$ y $a_4=4$).

[0069] La potencia de transmisión total $4 P_{tx}$ puede distribuirse uniformemente en todas las antenas virtuales en cada hipótesis. Para cada hipótesis con una antena virtual, se asigna $4P_{tx}$ a la antena virtual única. Para cada hipótesis con dos antenas virtuales, se asigna $2P_{tx}$ a cada antena virtual. Para cada hipótesis con tres antenas virtuales, se asigna $4P_{tx}/3$ a cada antena virtual. Para la hipótesis con cuatro antenas virtuales, P_{tx} se asigna a cada antena virtual. El rendimiento de cada hipótesis se puede determinar basándose en cualquiera de las métricas descritas anteriormente. Puede identificarse la hipótesis con el valor métrico más alto, y el conjunto de antena(s) virtual(es) para esta hipótesis puede seleccionarse para su uso.

[0070] En otro modo de realización, la potencia de transmisión total P_{total} no está uniformemente distribuida a través de las antenas virtuales basándose en el llenado con agua, que también se denomina vertido de agua. Para cada hipótesis m , la SNR de cada subportadora de cada antena virtual se puede determinar inicialmente basándose en una suposición de que P_{tx} se asigne a la antena virtual. A continuación, puede determinarse la SNR media para cada antena virtual, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (19). La potencia de transmisión total P_{total} puede entonces distribuirse a través de las antenas virtuales en la hipótesis de tal manera que a la antena virtual con la SNR media más alta se le asigna la máxima potencia de transmisión, y a la antena virtual con la SNR media más baja se le asigna la menor cantidad de potencia de transmisión. En general, la asignación de potencia no uniforme es más práctica en un sistema de comunicación TDD en el que un transmisor puede obtener fácilmente un conocimiento completo del canal inalámbrico a través de la reciprocidad del canal. En un sistema de comunicación FDD, la asignación de potencia no uniforme típicamente requiere una gran cantidad de información de retroalimentación tal como, por ejemplo, la mejor matriz de precodificación para la descomposición de modo propio del canal inalámbrico. De forma alternativa, para cada hipótesis, un receptor puede evaluar múltiples distribuciones de potencia desiguales predeterminadas a través de las antenas virtuales y puede enviar la mejor distribución de potencia y el mejor subconjunto de antena virtual al transmisor.

[0071] La FIG. 6 muestra un ejemplo de distribución de potencia a través de tres antenas virtuales a_1 , a_2 y a_3 con llenado de agua. La SNR media para cada antena virtual a_v , SNR_{av} para $v= 1, 2, 3$, se determina con la suposición de que P_{tx} está asignada a la antena virtual. El inverso de la SNR media, $1/SNR_{av}$, para cada antena virtual se calcula y traza en la FIG. 6. La potencia total de transmisión P_{total} se distribuye a través de las tres antenas virtuales de manera que el nivel de potencia final P_{top} sea constante a través de las tres antenas virtuales. La potencia de transmisión total está representada por el área sombreada en la FIG. 6. La potencia de transmisión P_{av} asignada a cada antena virtual es igual al nivel de potencia final menos la SNR inversa para la antena virtual, o $P_{top}-1/SNR_{av}$. El llenado de agua es descrito por Robert G. Gallager en "Information Theory and Reliable Communication", John Wiley and Sons, 1968, que está a disposición del público.

[0072] Para cada hipótesis, la potencia de transmisión total puede distribuirse a través de las antenas virtuales en la hipótesis con relleno de agua. A continuación, el rendimiento de la hipótesis puede evaluarse basándose en la potencia de transmisión asignada a cada antena virtual. Se pueden determinar las SNR de cada subportadora de cada antena virtual en la hipótesis. A continuación, se puede calcular un valor métrico para la hipótesis basándose

en las SNR para todas las subportadoras y antenas virtuales en la hipótesis. La hipótesis con el mejor valor métrico se puede seleccionar para su uso.

[0073] En otro modo de realización más, la potencia total de transmisión P_{total} no está uniformemente distribuida a través de las antenas virtuales basándose en la inversión de canal. Para cada hipótesis m , la SNR media para cada antena virtual en la hipótesis puede determinarse basándose en una suposición de P_{tx} asignada a la antena virtual. La potencia total de transmisión P_{total} puede entonces distribuirse a través de las antenas virtuales en la hipótesis de manera que estas antenas virtuales alcancen una SNR media similar. Las técnicas para realizar la inversión de canal se describen en la Solicitud de Patente de Estados Unidos comúnmente cedida con n.º de serie 10/179 442, titulada "SIGNAL PROCESSING WITH CHANNEL EIGENMODE DECOMPOSITION AND CHANNEL INVERSION FOR MIMO SYSTEMS [PROCESAMIENTO DE SEÑAL CON DESCOMPOSICIÓN DE MODO PROPIO DE CANAL E INVERSIÓN DE CANAL PARA SISTEMAS MIMO]", presentada el 24 de junio de 2002. La inversión del canal puede permitir que se use la misma velocidad para todas las antenas virtuales y puede simplificar el procesamiento tanto en el transmisor como en el receptor.

[0074] El rendimiento también se puede determinar basándose en otros esquemas para distribuir la potencia total de transmisión P_{total} de forma no uniforme a través de las antenas virtuales.

3. Realimentación

[0075] En un modo de realización, el receptor realiza la selección de antena virtual, evalúa diferentes conjuntos de antena(s) virtual(es) y selecciona el conjunto de antena(s) virtual(es) con el mejor rendimiento. A continuación, el receptor envía información de estado del canal para el conjunto seleccionado de antena(s) virtual(es) al transmisor. La información de estado del canal puede transmitir diversos tipos de información.

[0076] En un modo de realización, la información de estado del canal indica el conjunto seleccionado de antenas virtuales V , donde $V \geq 1$. Dado que hay $2^T - 1$ hipótesis posibles para T antenas virtuales, la mejor hipótesis y , por tanto, el conjunto seleccionado de V antenas virtuales pueden transmitirse con T bits. El transmisor puede realizar un llenado de agua simplificado y cuantificado y puede distribuir la potencia total de transmisión P_{total} uniformemente a través de las V antenas virtuales seleccionadas.

[0077] En un modo de realización, la información de estado del canal indica la SNR para cada antena virtual seleccionada, que puede calcularse como se muestra en las ecuaciones (19) a (21). El transmisor puede seleccionar una velocidad para cada antena virtual basándose en su SNR. El transmisor puede distribuir la potencia de transmisión total P_{total} (1) uniformemente a través de las V antenas virtuales seleccionadas o (2) no uniformemente a través de las V antenas virtuales seleccionadas (por ejemplo, utilizando llenado de agua o inversión de canal) basándose en las SNR para estas V antenas virtuales. La distribución de potencia no uniforme basada en SNR puede ser especialmente válida cuando la información para la mejor matriz de precodificación está disponible en el transmisor. Este modo de realización puede usarse, por ejemplo, para el esquema de transmisión mostrado en la FIG. 4A con un flujo de datos enviado desde cada antena virtual seleccionada.

[0078] En otro modo de realización, la información de estado del canal indica una SNR media para todas las V antenas virtuales seleccionadas, que se puede calcular como se muestra en la ecuación (16). El transmisor puede seleccionar una velocidad para todas las V antenas virtuales basándose en la SNR media. Este modo de realización puede usarse, por ejemplo, para el esquema de transmisión mostrado en la FIG. 4B con cada flujo de datos enviado desde todas las V antenas virtuales seleccionadas y los V flujos de datos que alcanzan SNR similares.

[0079] En otro modo de realización más, la información de estado del canal indica una SNR base y un número suficiente de SNR delta para las V antenas virtuales seleccionadas. Este modo de realización es especialmente efectiva para el esquema de transmisión mostrado en la FIG. 4B con cada flujo de datos enviado a través de todas las V antenas virtuales seleccionadas y con un receptor SIC utilizado para recuperar los flujos de datos. La SNR base puede ser la SNR más baja para las V antenas virtuales seleccionadas, la SNR más baja para los V flujos de datos, la SNR para el flujo de datos que se detecta primero con la técnica SIC, etc. Cada SNR delta puede indicar la diferencia en las SNR para dos antenas virtuales, para dos flujos de datos, etc.

[0080] En un modo de realización, las SNR para las V antenas virtuales pueden clasificarse de menor a mayor, la SNR base puede ser la SNR más baja, la primera SNR delta puede ser la diferencia entre la SNR más baja y la segunda SNR más baja, la segunda SNR delta puede ser la diferencia entre la segunda SNR más baja y la tercera SNR más baja, etc. En otro modo de realización, las SNR para los flujos de datos V pueden clasificarse de menor a mayor, y la SNR base y las SNR delta se pueden definir como se describió anteriormente. Si se transmiten flujos de datos V de manera que observen SNR similares con detección lineal (por ejemplo, como se muestra en la figura 4B), entonces la SNR base puede indicar la SNR media para los flujos de datos V , y las SNR delta pueden ser iguales a cero. Este también puede ser el caso cuando el transmisor realiza la precodificación y permuta los flujos de datos sobre los vectores de columna de la matriz de precodificación. Idealmente, si los flujos de datos múltiples están separados por la precodificación en el transmisor, que es el caso con la descomposición de valores singulares, entonces el receptor no necesita realizar SIC para lograr la máxima eficiencia espectral. Sin embargo, en la práctica,

la matriz de precodificación típicamente no coincide perfectamente con la matriz de descomposición singular, y el receptor puede realizar SIC para maximizar el rendimiento. Si los flujos de datos que observan SNR similares con detección lineal se recuperan con la técnica SIC, entonces la SNR base puede indicar la SNR del flujo de datos que se recupera primero, y la SNR delta para cada flujo de datos recuperado posteriormente puede indicar la mejora en SNR sobre el flujo de datos recuperado anterior.

[0081] En un modo de realización, solo se puede utilizar una SNR delta, y la SNR para cada antena virtual o flujo de datos se puede dar como:

$$\text{SNR}_v = \text{SNR}_{base} + (v - 1) \cdot \text{SNR}_{delta}, \quad \text{para } v = 1, \dots, V, \quad \text{Ec (22)}$$

donde SNR_v es la SNR para antena virtual a_v o flujo de datos v . El modo de realización mostrado en la ecuación (22) supone que la SNR mejora en la misma cantidad a través de las V antenas virtuales seleccionadas o V flujos de datos y que la ganancia de SIC entre etapas o capas consecutivas es casi constante.

[0082] En otro modo de realización, la información de estado del canal indica una velocidad para cada antena virtual seleccionada. El sistema puede soportar un conjunto de velocidades, como se describió anteriormente, y la velocidad para cada antena virtual se puede seleccionar basándose en la SNR para esa antena virtual. En otro modo de realización más, la información de estado del canal indica una velocidad única para todas las V antenas virtuales seleccionadas, que se pueden seleccionar basándose en la SNR media para estas antenas virtuales. En otro modo de realización más, la información del estado del canal indica una velocidad base y una o más velocidades delta para las antenas virtuales seleccionadas. Este modo de realización puede ser útil para el esquema de transmisión mostrado en la FIG. 4B con un receptor SIC. En otro modo de realización más, la información de estado del canal indica una combinación de velocidad para las V antenas virtuales seleccionadas. El sistema puede soportar un conjunto de velocidades cuantificadas por vector que contiene una serie de combinaciones de velocidades permitidas, que también se denominan esquemas de codificación de modulación (MCS). Cada combinación de velocidad permitida está asociada con un número específico de flujos de datos para transmitir y una velocidad específica para cada flujo de datos. Se puede seleccionar una combinación de velocidades para las V antenas virtuales seleccionadas basándose en las SNR para las antenas virtuales.

[0083] En otro modo de realización más, la información de estado del canal indica una o más matrices ortonormales (o matrices de precodificación) seleccionadas para su uso entre un conjunto de matrices ortonormales disponibles para su uso. El transmisor realiza la precodificación con una o más matrices ortonormales seleccionadas. El rendimiento para todas las hipótesis de cada matriz ortonormal se puede evaluar como se describió anteriormente. La matriz ortonormal y el conjunto de antena(s) virtual(es) con el mejor rendimiento pueden proporcionarse mediante la información del estado del canal.

[0084] En general, la información del estado del canal puede transportar diversos tipos de información, como el conjunto seleccionado de V antenas virtuales, calidad de la señal (por ejemplo, SNR), velocidades, potencia de transmisión, matrices, piloto, otra información o una combinación de los mismos.

[0085] En otro modo de realización, el transmisor realiza la selección de antena virtual, por ejemplo, usando información de estado del canal del receptor.

[0086] En un modo de realización, el transmisor transmite un piloto de una manera que permite al receptor estimar las SNR para todas las T antenas virtuales disponibles, incluso si los datos se envían solo en V antenas virtuales seleccionadas. El transmisor puede transmitir el piloto realizando un ciclo a través de las T antenas virtuales en diferentes períodos de símbolos, por ejemplo, la antena virtual 1 en el período de símbolo n , luego la antena virtual 2 en el período de símbolo $n + 1$, etc. El transmisor también puede transmitir el piloto de las T antenas virtuales en diferentes subportadoras, por ejemplo, en la subportadora k_1 de la antena virtual 1, de la subportadora k_2 de la antena virtual 2, etc. En otro modo de realización, el transmisor transmite un piloto principal en las V antenas virtuales seleccionadas y transmite un piloto auxiliar en las antenas virtuales no seleccionadas. El piloto principal puede transmitirse con más frecuencia y/o en más subportadoras que el piloto auxiliar. El transmisor también puede transmitir el piloto de varias otras maneras.

[0087] La FIG. 7 muestra un modo de realización de un proceso 700 para seleccionar y usar antenas virtuales. Se evalúan múltiples hipótesis para múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas basándose en al menos una métrica, por ejemplo, calidad de señal, rendimiento, velocidad global, etc. (bloque 712). Cada hipótesis corresponde a un conjunto diferente de al menos una antena virtual. Las múltiples antenas virtuales se forman con una o más matrices que asignan cada antena virtual a algunas o a todas las antenas físicas. La hipótesis con el mejor rendimiento se selecciona entre las múltiples hipótesis evaluadas (bloque 714).

[0088] En un modo de realización, se determina la calidad de la señal para cada hipótesis, y se selecciona la hipótesis con la calidad de señal más alta. En otro modo de realización, se determina el rendimiento para cada hipótesis, y se selecciona la hipótesis con el mayor rendimiento. En otro modo de realización más, se determina la

velocidad global para cada hipótesis, y se selecciona la hipótesis con la velocidad global más alta. Para todos los modos de realización, cada hipótesis puede evaluarse con la potencia de transmisión total que se distribuye de manera uniforme o no uniforme a través de la(s) antena(s) virtual(es) en la hipótesis. Las hipótesis pueden evaluarse de otras maneras.

5
 [0089] El bloque 714 selecciona esencialmente al menos una antena virtual entre las múltiples antenas virtuales. Si la selección de antena virtual es realizada por el receptor, entonces la información de estado del canal para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) se envía al transmisor (bloque 716). La información de estado del canal puede transportar diversos tipos de información tal como la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s), la calidad o
 10 velocidad(es) de la señal para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s), etc. El transmisor y/o el receptor pueden seleccionar al menos una velocidad para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) basándose en la calidad de la señal. La(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) se utilizan para la transmisión de datos (bloque 718).

15 [0090] La FIG. 8 muestra un modo de realización de un aparato 800 para seleccionar y usar antenas virtuales. El aparato 800 incluye medios para evaluar múltiples hipótesis para múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas (bloque 812), medios para seleccionar una hipótesis entre las múltiples hipótesis (bloque 814), medios para enviar información de estado del canal para al menos una antena virtual seleccionada al transmisor (bloque 816), y medios para usar la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) para la transmisión de datos (bloque 818).

20 [0091] La FIG. 9 muestra un modo de realización de un proceso 900 para transmitir datos desde antenas virtuales. La información de estado del canal se recibe para al menos una antena virtual seleccionada entre múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas (bloque 912). La información de estado del canal puede transmitir cualquiera de la información descrita anteriormente. La potencia de transmisión total puede distribuirse (1)
 25 uniformemente a través de la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) o (2) de forma no uniforme a través de la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) basándose en la información de estado del canal (bloque 914). Se selecciona al menos una velocidad para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) basándose en la información de estado del canal y la distribución de potencia (bloque 916). Se envía una transmisión de datos desde la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) a la(s) velocidad(es) seleccionada(s) (bloque 918). La transmisión de datos puede comprender uno
 30 o más flujos de datos. Cada flujo de datos puede asignarse a una antena virtual seleccionada respectiva (por ejemplo, como se muestra en la figura 4A) o puede asignarse a todas las antenas virtuales seleccionadas (por ejemplo, como se muestra en la figura 4B).

35 [0092] La FIG. 10 muestra un modo de realización de un aparato 1000 para transmitir datos desde antenas virtuales. El aparato 1000 incluye medios para recibir información de estado del canal para al menos una antena virtual seleccionada entre múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas (bloque 1012), medios para distribuir potencia de transmisión total de manera uniforme o no uniforme a través de la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) (bloque 1014), medios para seleccionar al menos una velocidad para la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) basándose en la información de estado del canal y la distribución de potencia (bloque 1016), y
 40 medios para enviar una transmisión de datos desde la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) a la(s) velocidad(es) seleccionada(s) (bloque 1018).

45 [0093] Las técnicas descritas en el presente documento pueden implementarse mediante diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, firmware, software o una combinación de ambos. Para una implementación de hardware, las unidades de procesamiento utilizadas para seleccionar antenas virtuales, para transmitir datos desde la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) y/o para recibir datos desde la(s) antena(s) virtual(es) seleccionada(s) pueden implementarse dentro de uno o más circuitos integrados específicos de aplicaciones (ASIC), procesadores de señal digital (DSP), dispositivos de procesamiento de señal digital (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables sobre el terreno (FPGA), procesadores,
 50 controladores, microcontroladores, microprocesadores, dispositivos electrónicos, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento, o una combinación de las mismas.

[0094] Para una implementación de firmware y/o software, las técnicas pueden implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que realizan las funciones descritas en el presente documento. Los
 55 códigos de firmware y/o software pueden almacenarse en una memoria (por ejemplo, la memoria 142 o 192 en la figura 1) y ejecutarse mediante un procesador (por ejemplo, el procesador 140 o 190). La memoria puede implementarse dentro del procesador o fuera del procesador.

60 [0095] Los títulos se incluyen en el presente documento para referencia y para facilitar la ubicación de ciertas secciones. Estos títulos no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos en el presente documento y estos conceptos pueden tener aplicabilidad en otras secciones a lo largo de toda la memoria descriptiva.

[0096] La anterior descripción de los modos de realización divulgados se proporciona para permitir que cualquier
 65 experto en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estos modos de realización resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin apartarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la selección de antenas virtuales (800) que comprende:
 - 5 medios (814) para seleccionar al menos una antena virtual entre múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas, en el que cada antena virtual está asignada a algunas o a todas las antenas físicas mediante una asignación diferente; **caracterizado por** comprender además:
 - 10 medios para determinar una velocidad global para cada conjunto diferente de al menos una antena virtual;
 - medios para seleccionar al menos una velocidad para la al menos una antena virtual seleccionada basándose en la calidad de la señal para la al menos una antena virtual seleccionada; y
 - 15 medios (816) para proporcionar una indicación de la al menos una antena virtual seleccionada para su uso en la transmisión de datos.
 2. El aparato según la reivindicación 1, en el que los medios (814) para seleccionar la al menos una antena virtual comprenden medios para evaluar múltiples hipótesis, correspondiendo cada hipótesis a un conjunto diferente de al menos una antena virtual, y medios (814) para seleccionar una hipótesis entre las múltiples hipótesis, en el que la al menos una antena virtual seleccionada es para la hipótesis seleccionada.
 3. El aparato según la reivindicación 2, en el que los medios para evaluar las múltiples hipótesis comprenden medios para determinar el rendimiento de cada una de las múltiples hipótesis basándose en al menos una métrica, y en el que los medios (814) para seleccionar la hipótesis comprenden medios para seleccionar la hipótesis con el mejor rendimiento.
 4. El aparato según la reivindicación 2, en el que los medios (814) para seleccionar la al menos una antena virtual comprenden medios para determinar la calidad de la señal para cada una de las múltiples hipótesis, y para seleccionar una hipótesis con la más alta calidad de señal.
 5. El aparato según la reivindicación 2, en el que los medios (814) para seleccionar la al menos una antena virtual comprenden medios para determinar el rendimiento para cada una de las múltiples hipótesis, y para seleccionar una hipótesis con el mayor rendimiento.
 6. El aparato según la reivindicación 2, en el que los medios (814) para seleccionar la al menos una antena virtual comprenden medios para determinar una velocidad global para cada una de las múltiples hipótesis, y para seleccionar una hipótesis con la velocidad global más alta.
 7. El aparato según la reivindicación 2, en el que los medios (814) para seleccionar la al menos una antena virtual comprenden medios para distribuir la potencia de transmisión total de manera uniforme, o no uniforme, a través de al menos una antena virtual para cada una de las múltiples hipótesis.
 8. El aparato según la reivindicación 1, en el que los medios (814) para seleccionar la al menos una antena virtual comprenden medios (818) para ordenar el envío de la transmisión de datos a través de la al menos una antena virtual seleccionada acoplada con el procesador a un receptor.
 9. El aparato, según la reivindicación 2, que comprende además:
 - 50 medios (816) para enviar información de estado del canal para la al menos una antena virtual seleccionada a un transmisor; y
 - medios para recibir la transmisión de datos desde el transmisor a través de la al menos una antena virtual seleccionada.
 10. El aparato según la reivindicación 9, en el que la información del estado del canal identifica la al menos una antena virtual seleccionada.
 11. El aparato según la reivindicación 9, en el que la información del estado del canal indica la calidad de la señal o al menos una velocidad para la al menos una antena virtual seleccionada.
 12. El aparato según la reivindicación 9, en el que la información de estado del canal indica una calidad de señal base y al menos una calidad de señal delta, en el que la calidad de la señal base es para una antena virtual seleccionada o un flujo de datos, y en el que la al menos una calidad de señal delta es para las restantes antenas virtuales seleccionadas o los flujos de datos restantes.

13. El aparato según la reivindicación 9, en el que la información del estado del canal indica al menos una matriz utilizada para formar la al menos una antena virtual seleccionada.
- 5 14. El aparato según la reivindicación 1, en el que las múltiples antenas virtuales están formadas con al menos una matriz que asigna cada antena virtual a las múltiples antenas físicas.
15. Un procedimiento para la selección de antenas virtuales (700) que comprende:
- 10 seleccionar (714) al menos una antena virtual entre múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas, en el que cada antena virtual se asigna a algunas o a todas las antenas físicas mediante una asignación diferente; **caracterizado por** comprender además:
- determinar una velocidad global para cada conjunto diferente de al menos una antena virtual;
- 15 seleccionar al menos una velocidad para la al menos una antena virtual seleccionada basándose en la calidad de señal para la al menos una antena virtual seleccionada; y
- proporcionar (716) una indicación de la al menos una antena virtual seleccionada para su uso en la transmisión de datos.
- 20 16. El procedimiento según la reivindicación 15, en el que la selección (714) de la al menos una antena virtual comprende evaluar múltiples hipótesis, correspondiendo cada hipótesis a un conjunto diferente de al menos una antena virtual, y seleccionar (714) una hipótesis entre las múltiples hipótesis, en el que la al menos una antena virtual seleccionada es para la hipótesis seleccionada.
- 25 17. El procedimiento según la reivindicación 16, en el que la evaluación de múltiples hipótesis comprende determinar el rendimiento de cada una de las múltiples hipótesis basándose en al menos una métrica, y en el que la selección (714) de la hipótesis comprende seleccionar la hipótesis con el mejor rendimiento.
- 30 18. El procedimiento según la reivindicación 17, en el que la evaluación de múltiples hipótesis comprende distribuir la potencia de transmisión total uniformemente a través de la al menos una antena virtual para cada una de las múltiples hipótesis.
- 35 19. El procedimiento según la reivindicación 15, que comprende además:
- enviar (716) información de estado del canal para la al menos una antena virtual seleccionada a un transmisor; y
- 40 recibir la transmisión de datos desde el transmisor a través de al menos una antena virtual seleccionada.
20. Un aparato para la selección de antenas virtuales (1000) **caracterizado por** comprender:
- 45 medios (1012) para recibir información de estado del canal para al menos una antena virtual seleccionada entre múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas, en el que cada antena virtual se asigna a algunas o a todas las antenas físicas mediante una asignación diferente;
- medios (1016) para seleccionar al menos una velocidad para la al menos una antena virtual seleccionada basándose en la información de estado del canal; y
- 50 medios (1018) para enviar una transmisión de datos a través de la al menos una antena virtual seleccionada.
21. El aparato según la reivindicación 20, que comprende además: medios (1014) para distribuir potencia de transmisión total a través de al menos una antena virtual seleccionada.
- 55 22. El aparato según la reivindicación 20, en el que los medios (1018) para enviar la transmisión de datos comprenden medios para enviar la transmisión de datos a la al menos una velocidad seleccionada.
- 60 23. El aparato según la reivindicación 20, en el que los medios (1018) para enviar la transmisión de datos comprenden medios para enviar al menos un flujo de datos para la transmisión de datos, y asignar cada flujo de datos a todas, o a una respectiva, de la al menos una antena virtual seleccionada.
- 65 24. El aparato según la reivindicación 23, en el que los medios (1018) para enviar la transmisión de datos comprenden medios para asignar cada flujo de datos a todas de la al menos una antena virtual seleccionada basándose en una permutación de flujo predeterminada o realizando un ciclo a través de la al menos una antena virtual seleccionada a través de múltiples subportadoras.

- 5 **25.** El aparato según la reivindicación 20, en el que los medios (1012) para recibir información de estado del canal comprenden medios para recibir información de estado del canal indicativa de al menos una matriz para usar para formar al menos una antena virtual seleccionada, y para procesar la transmisión de datos con la al menos una matriz.
- 10 **26.** El aparato según la reivindicación 25, en el que los medios (1018) para enviar la transmisión de datos comprenden medios para enviar al menos un flujo de datos para la transmisión de datos y para asignar cada flujo de datos a todas de la al menos una antena virtual seleccionada.
- 15 **27.** Un procedimiento para la selección de antenas virtuales (900) **caracterizado por** comprender:
 recibir (912) información de estado del canal para al menos una antena virtual seleccionada entre múltiples antenas virtuales formadas con múltiples antenas físicas, en el que cada antena virtual está asignada a algunas o a todas las antenas físicas mediante una asignación diferente;
 seleccionar (916) al menos una velocidad para la al menos una antena virtual seleccionada basándose en la información de estado del canal; y
20 enviar (918) una transmisión de datos a través de la al menos una antena virtual seleccionada.
- 25 **28.** El procedimiento según la reivindicación 27, que comprende además: distribuir (914) la potencia de transmisión total a través de al menos una antena virtual seleccionada.
- 30 **29.** El procedimiento según la reivindicación 27, en el que el envío (918) de la transmisión de datos comprende enviar la transmisión de datos a la al menos una velocidad seleccionada.
- 30.** Un programa informático que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un sistema informático, hacen que el sistema informático lleve a cabo el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19 o 27 a 29.

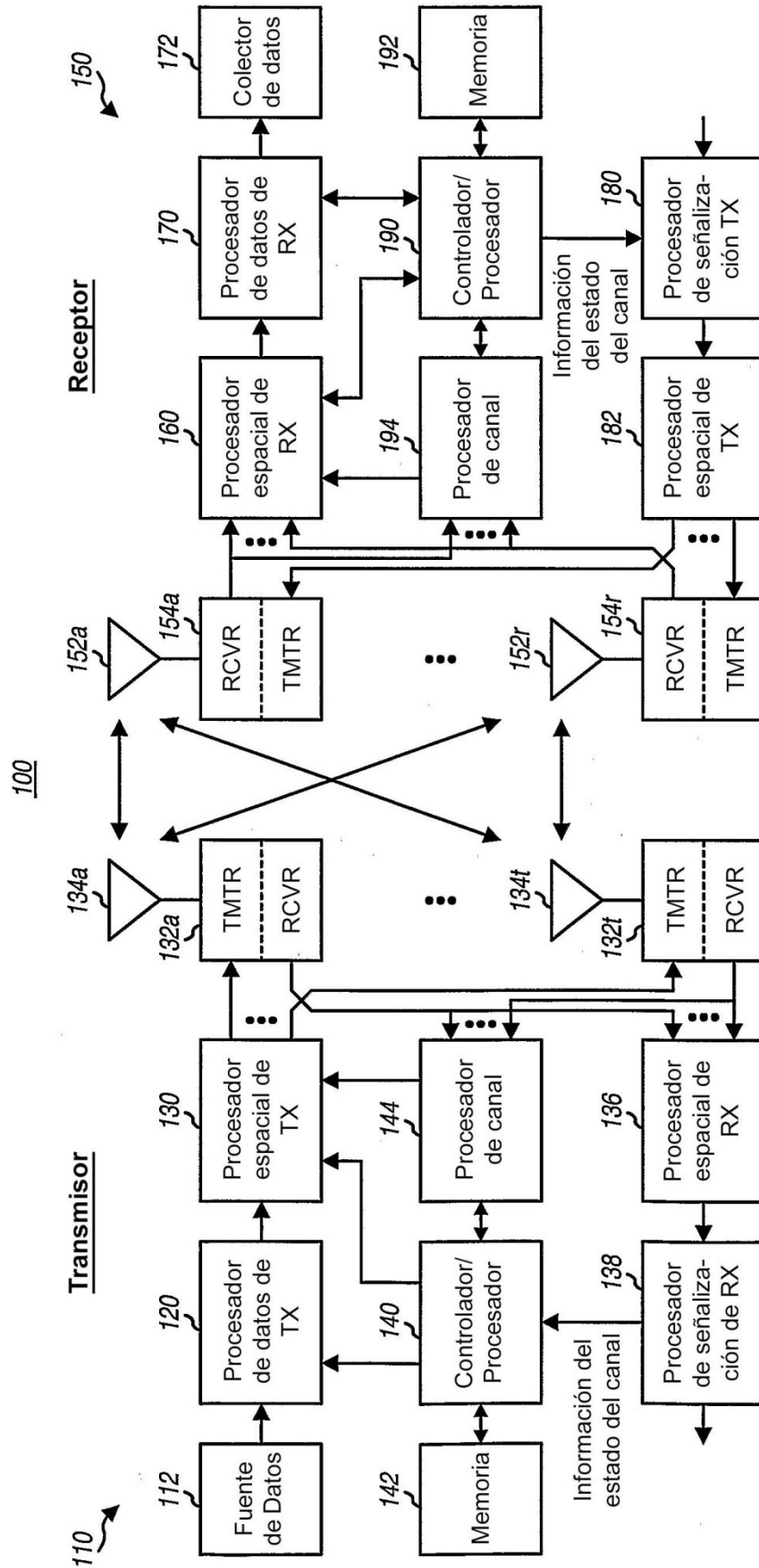


FIG. 1

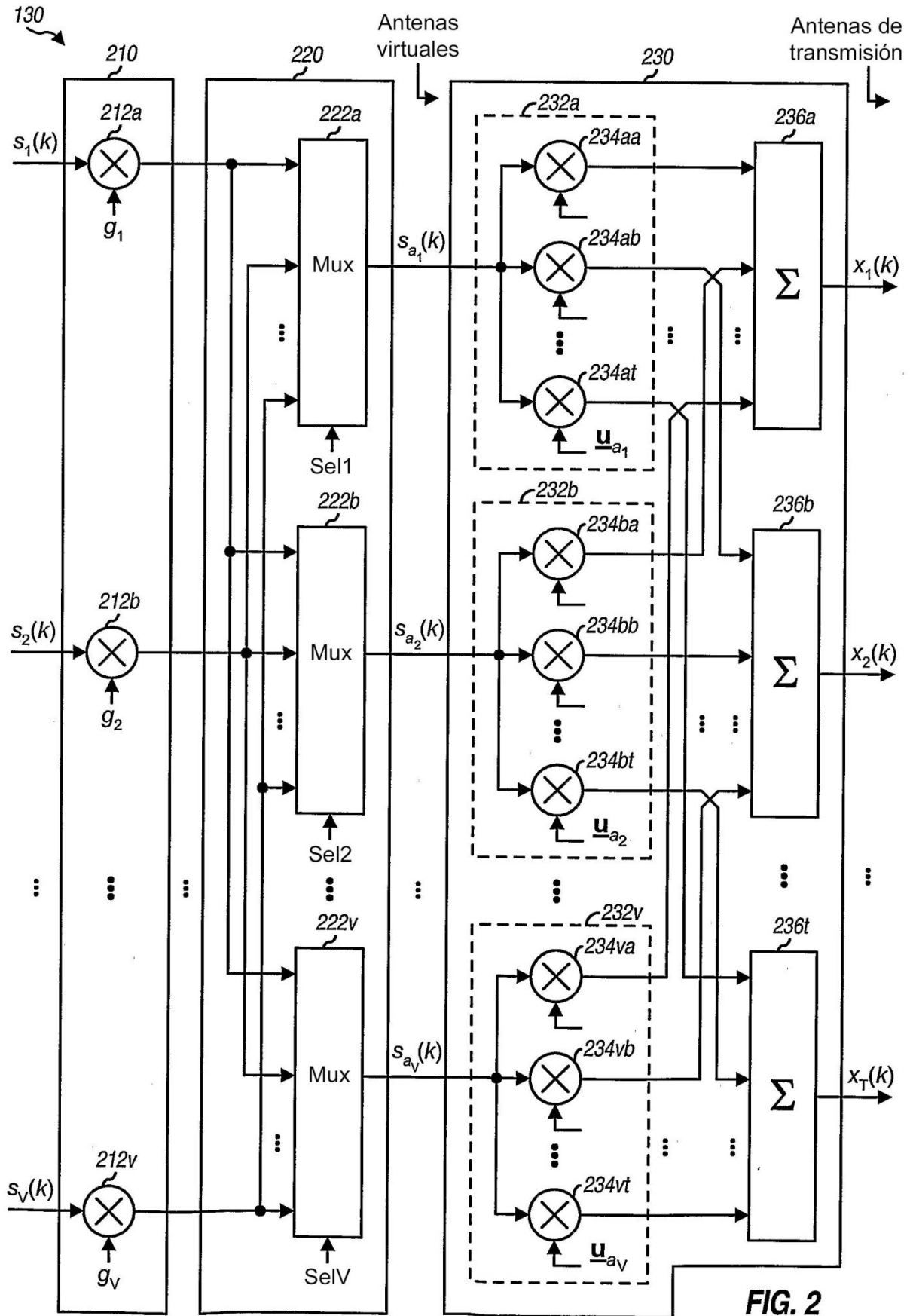


FIG. 2

300

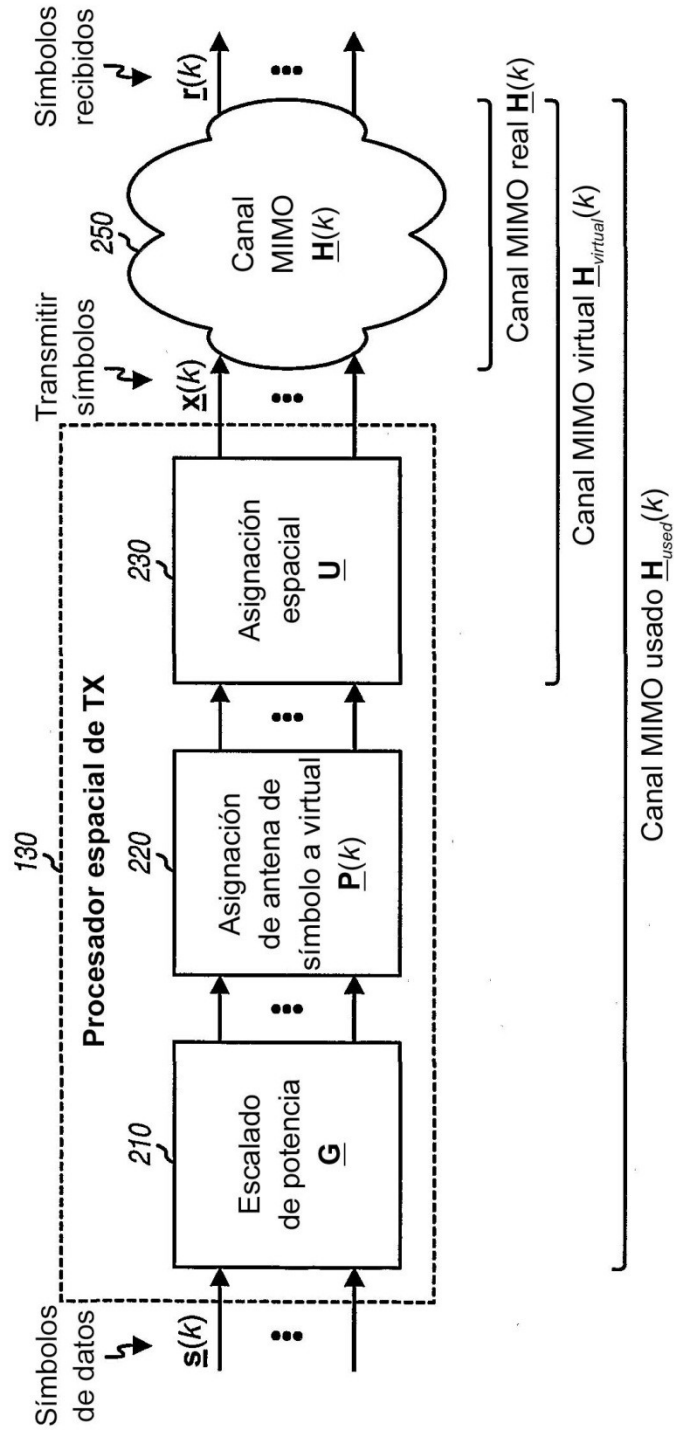


FIG. 3

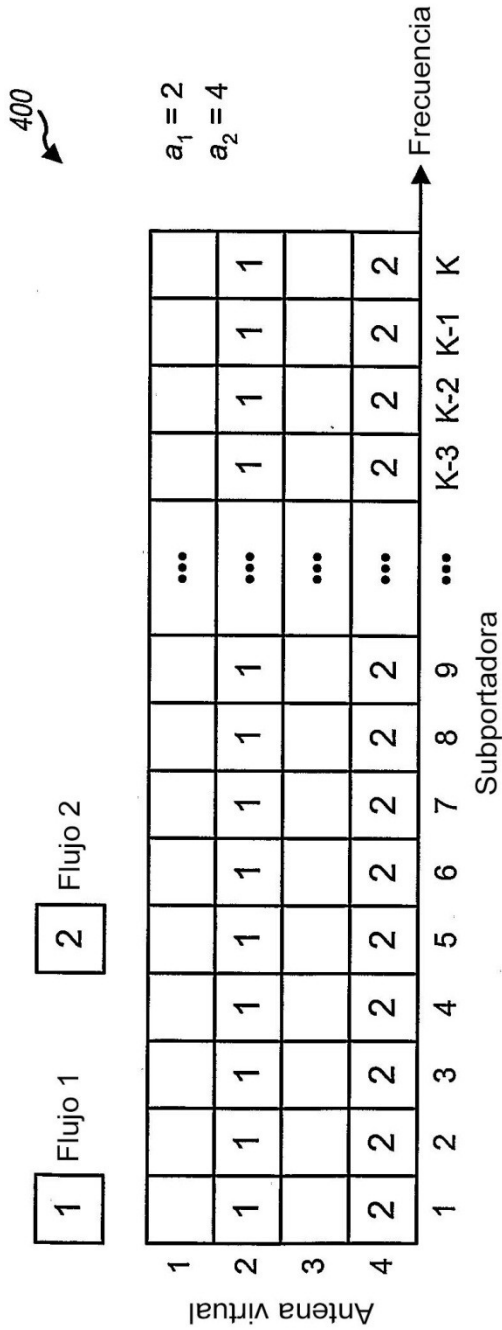


FIG. 4A

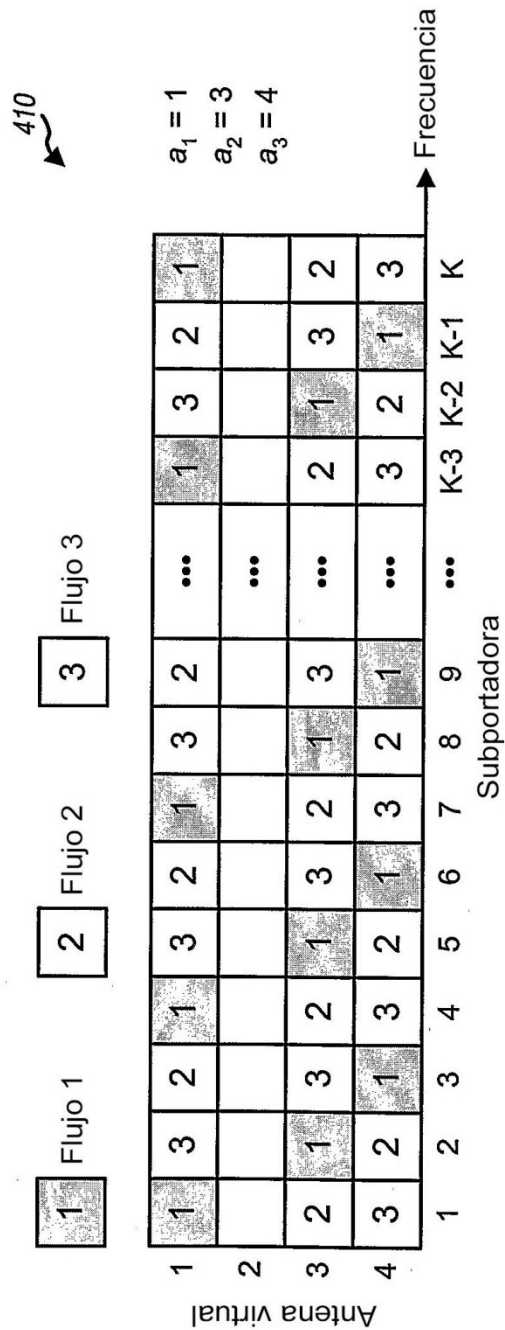


FIG. 4B

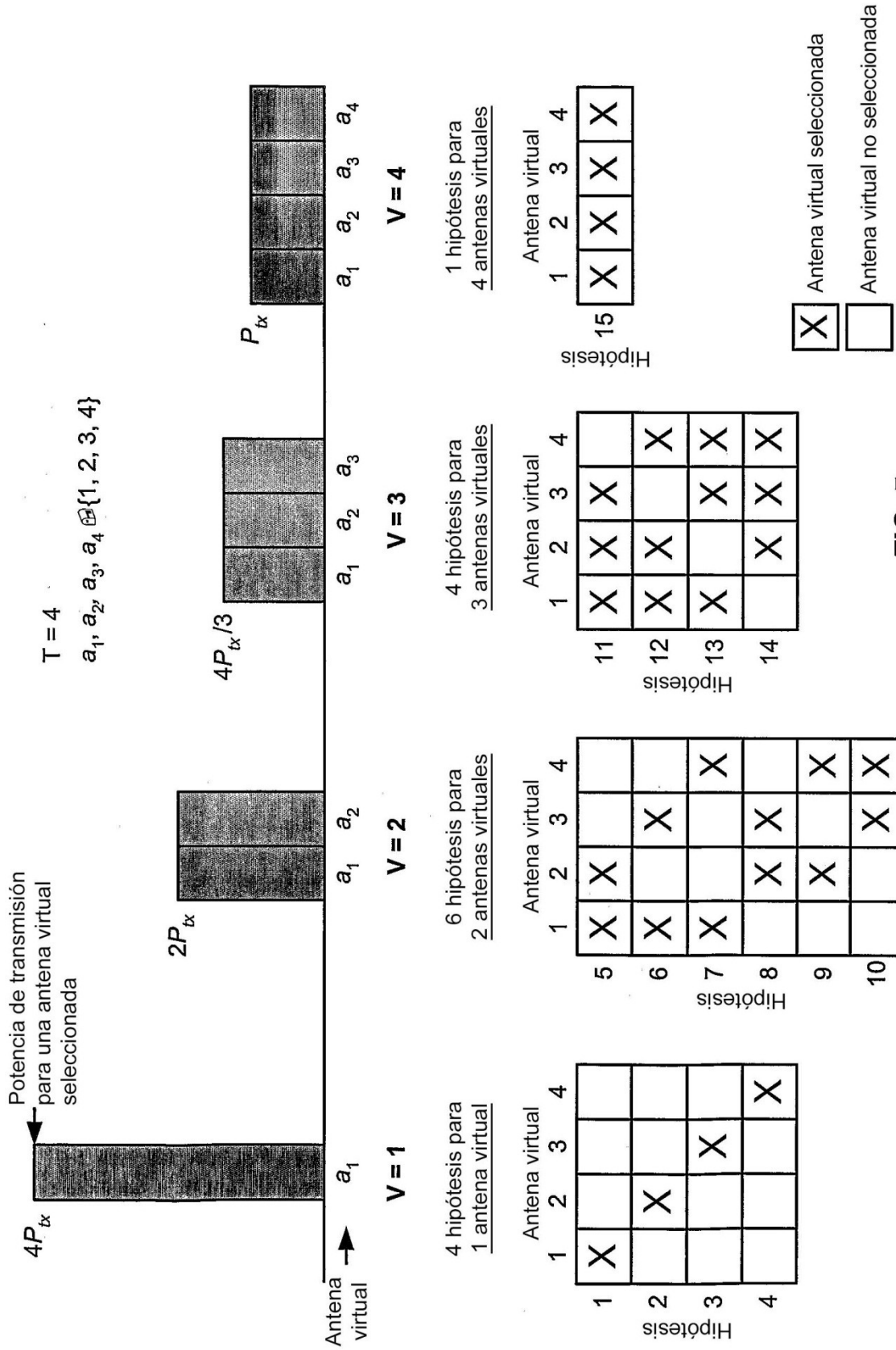


FIG. 5

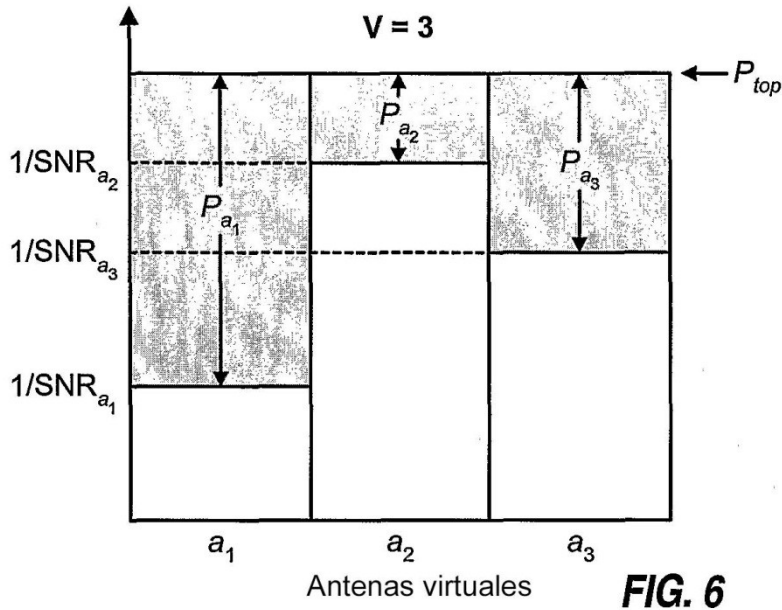


FIG. 6

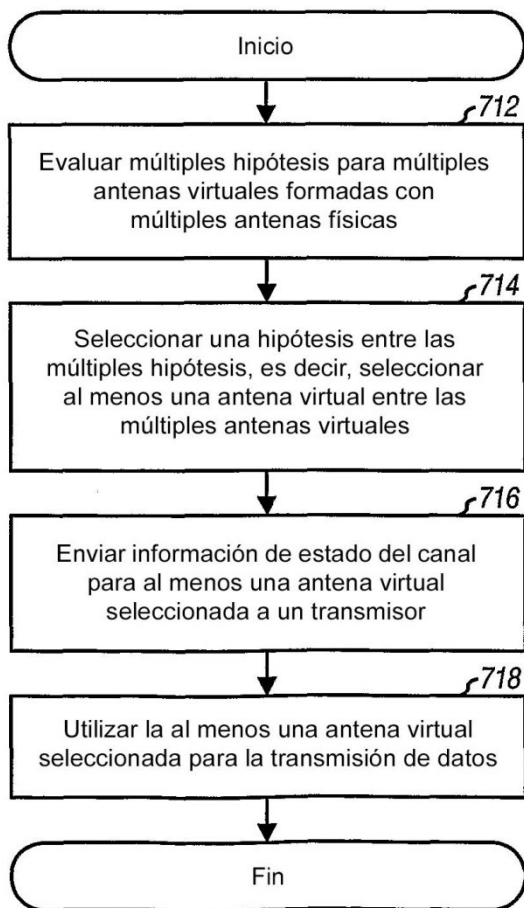


FIG. 7

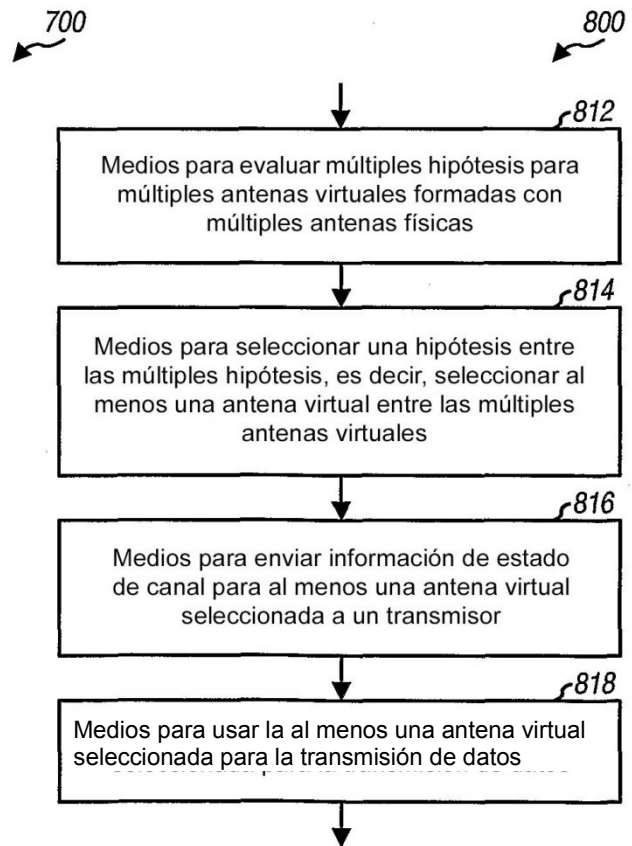


FIG. 8

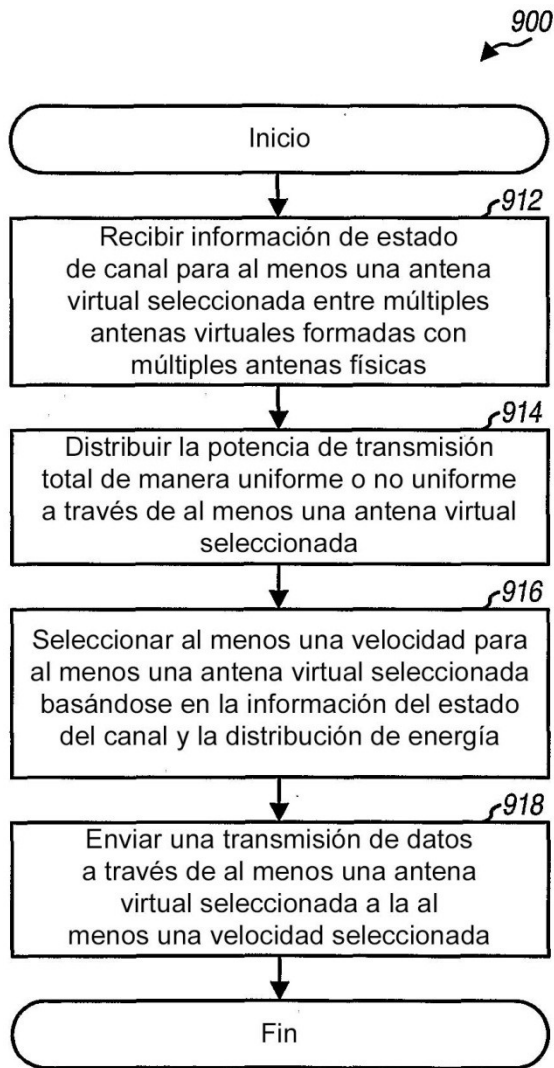


FIG. 9

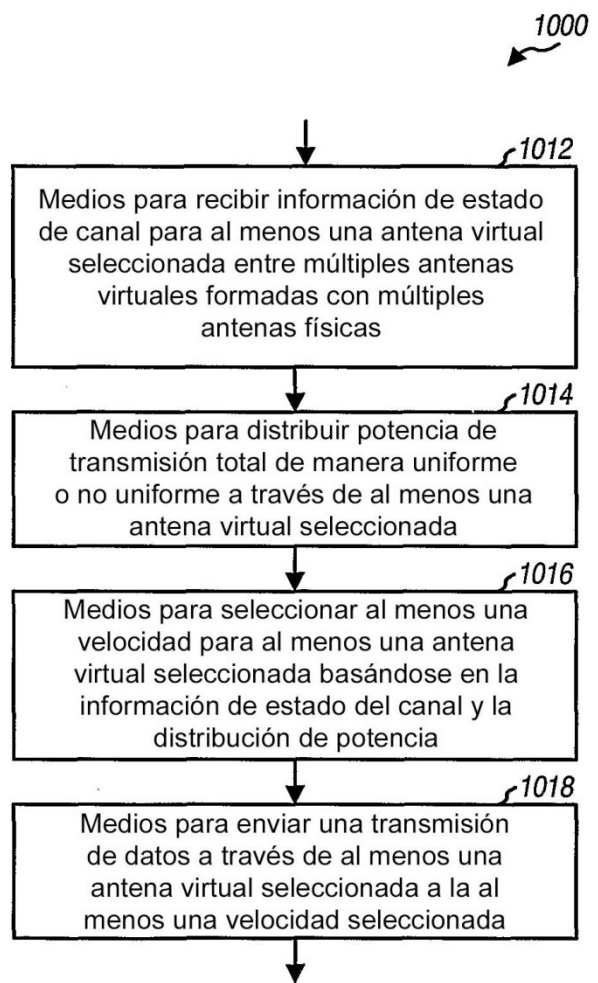


FIG. 10