

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 541**

51 Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)
H04L 1/06 (2006.01)
H04B 7/12 (2006.01)
H04J 13/00 (2011.01)
H04L 1/00 (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2005 E 14180196 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2802087**

54 Título: **Ensanchado espacial con esquemas de diversidad de transmisión espacio-tiempo y espacio-frecuencia para un sistema de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

03.09.2004 US 607371 P
08.09.2004 US 608226 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.08.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

WALTON, JAY RODNEY;
KETCHUM, JOHN W.;
WALLACE, MARK S. y
HOWARD, STEVEN J.

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 628 541 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

Ensanchado espacial con esquemas de diversidad de transmisión espacio-tiempo y espacio-frecuencia para un sistema de comunicación inalámbrica

5

I. Reivindicación de prioridad bajo el artículo 35 U.S.C. §119

La presente solicitud de patente reivindica prioridad a la solicitud provisional con el N° de serie 60/607.371, titulada "Steering Diversity with Space-Time Transmit Diversity for a Wireless Communication System," presentada el 3 de septiembre de 2004, y a la solicitud provisional con el N° de serie 60/608.226, titulada "Steering Diversity with Space-Time and Space-Frequency Transmit Diversity Schemes for a Wireless Communication System," presentada el 8 de septiembre de 2004, ambas asignadas al cesionario.

10

ANTECEDENTES

15

II. Campo

La presente descripción se refiere en general a la comunicación, y más específicamente a técnicas para transmitir datos en un sistema de comunicación de múltiples antenas.

20

III. Antecedentes

Un sistema de comunicación de múltiples antenas emplea múltiples (N_T) antenas de transmisión y una o más (N_R) antenas de recepción para la transmisión de datos. Las N_T antenas de transmisión se pueden utilizar para aumentar el rendimiento del sistema mediante la transmisión de datos diferentes de las antenas o para mejorar la fiabilidad mediante la transmisión de datos de forma redundante.

25

En un sistema de comunicación de múltiples antenas, existe una trayectoria de propagación entre cada par de antenas de transmisión y recepción. Se forman $N_T \times N_R$ diferentes trayectos de propagación entre las N_T antenas de transmisión y las N_R antenas de recepción. Estas trayectorias de propagación pueden experimentar diferentes condiciones de canal (por ejemplo, diferentes efectos de desvanecimiento, múltiples trayectorias e interferencias) y pueden conseguir diferentes relaciones señal a ruido e interferencia (SNR). Las respuestas de canal de las $N_T \times N_R$ trayectorias de propagación pueden variar de trayectoria a trayectoria, y pueden variar con el tiempo en un canal inalámbrico variante en el tiempo y en la frecuencia en un canal inalámbrico dispersivo. La naturaleza variante de las trayectorias de propagación hace que sea difícil transmitir datos de manera eficiente y fiable.

30

35

La diversidad de transmisión se refiere a la transmisión redundante de datos a través del espacio, la frecuencia, el tiempo, o una combinación de estas dimensiones para mejorar la fiabilidad de la transmisión de datos. Uno de los objetivos de la diversidad de transmisión es maximizar la diversidad para la transmisión de datos a lo largo de tantas dimensiones como sea posible para conseguir un rendimiento robusto. Otro objetivo es simplificar el procesamiento de diversidad de transmisión en un transmisor y en un receptor.

40

Por tanto, existe una necesidad en la técnica de técnicas para transmitir datos con diversidad de transmisión en un sistema de comunicación de múltiples antenas.

45

El documento US 2004/0082356 A1 divulga un sistema MIMO WLAN que usa MIMO, OFDM y TDD. El sistema (1) usa una estructura de canal con una serie de canales de transporte configurables, (2) soporta múltiples velocidades y modos de transmisión, que están configurados en base a condiciones de canal y capacidades de terminales de usuario, (3) usa una estructura piloto con varios tipos de piloto (por ejemplo, pilotos de baliza, de MIMO, de referencia dirigida y de vehículo) para diferentes funciones, (4) implementa bucles de velocidad, de sincronización y de control de potencia para una operación apropiada del sistema, (5) usa acceso aleatorio para el acceso al sistema mediante las terminales de usuario, reconocimiento rápido y asignación rápida de recursos. La calibración puede realizarse para el recuento de las diferencias en las respuestas de frecuencia de cadenas de transmisión/recepción en el punto de acceso y las terminales de usuario. El procesamiento especial puede simplificarse entonces aprovechando la naturaleza recíproca del enlace descendente y el enlace ascendente y la calibración.

50

55

El documento US 6,618,454 B1 divulga multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) que está combinada con una pluralidad de antenas transmisoras para proporcionar un sistema que proporciona una diversidad de espacio, de frecuencia y de tiempo. Específicamente, se crea una disposición en la que un transmisor incluye una pluralidad de antenas que están transmitiendo simultáneamente a lo largo de las mismas sub-bandas de frecuencia, y los símbolos que se transmiten a lo largo de cada sub-banda, en cualquier intervalo de tiempo dado, a lo largo de las diferentes antenas, se codifica para proporcionar diversidad. Los principios de la codificación reticular, la codificación espacio-tiempo, o cualquier otra codificación productora de diversidad pueden aplicarse en esta disposición.

60

65

El documento US 2004/0136349 A1 divulga un sistema MIMO que da soporte a múltiples modos de multiplexado

espacial para un mejor rendimiento y una mayor flexibilidad. Estos modos pueden incluir (1) un modo dirigido a un único usuario que transmite múltiples flujos de datos en canales espaciales ortogonales a un solo receptor (2) un modo no dirigido a un único usuario que transmite múltiples flujos de datos de múltiples antenas para un solo receptor sin procesamiento espacial en un transmisor, (3) un modo dirigido a múltiples usuarios que transmiten múltiples flujos de datos simultáneamente a varios receptores con procesamiento espacial en un transmisor, y (4) un modo no dirigido a múltiples usuarios que transmite múltiples flujos de datos desde múltiples antenas (co-localizados o no co-localizados) sin procesamiento espacial en el transmisor(es) al receptor(es) que tiene múltiples antenas. Para cada conjunto de terminal(es) de usuario seleccionado para la transmisión de datos en el enlace descendente y/o enlace ascendente, se selecciona un modo de multiplexación espacial para que el terminal de usuario ajuste entre los múltiples modos de multiplexación espacial soportados por el sistema.

El documento "Beamforming in Combination with Space-Time Diversity for Broadband OFDM Systems" presentado por Dammann, A. et al., en la Conferencia Internacional de Comunicaciones IEEE, 28 de abril – 2 de mayo, 2002, Nueva York, Estados Unidos, divulga diversos escenarios con formación de haz en la parte del transmisor y/o del receptor. La diversidad espacio-tiempo se obtiene mediante diversidad de retardo cíclico (CDD) con el fin de conformar artificialmente el espectro de la señal recibida conduciendo a una distribución ventajosa de los errores antes del decodificador de canal Viterbi.

SUMARIO

Las técnicas para transmisión de datos que usan una combinación de esquemas de diversidad de transmisión se describen en el presente documento. Estos esquemas de diversidad de transmisión incluyen ensanchado espacial, formación de haz continua, diversidad de retardo cíclico, diversidad de transmisión espacio-tiempo (STTD), diversidad de transmisión espacio-frecuencia (SFTD), y diversidad de transmisión ortogonal (OTD), todas las cuales se describen a continuación. La invención se define en las reivindicaciones independientes.

En una realización, una entidad de transmisión procesa (por ejemplo, codifica, intercala y mapea los símbolos) uno o más flujos de datos (N_D) para generar N_D flujos de símbolos de datos. La entidad de transmisión procesa adicionalmente los N_D flujos de símbolos de datos en base a un esquema de diversidad de transmisión (por ejemplo, STTD, SFTD o OTD) para generar múltiples (N_C) flujos de símbolos codificados. Cada flujo de símbolos de datos puede ser enviado como un solo flujo de símbolos codificados o como múltiples (por ejemplo, dos) flujos de símbolos codificados utilizando STTD, SFTD o OTD. La entidad de transmisión puede llevar a cabo ensanchado espacial en los N_C flujos de símbolos codificados con diferentes matrices para generar múltiples (N_T) flujos de símbolos de transmisión para las N_T antenas de transmisión. Adicional o alternativamente, la entidad de transmisión puede llevar a cabo la formación de haz continua en los N_T flujos de símbolos de transmisión, ya sea en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia. Una entidad que recibe lleva a cabo el procesamiento complementario para recuperar los N_D flujos de datos.

Diversos aspectos y realizaciones de la invención se describen en más detalle a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de una entidad de transmisión de múltiples antenas.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de un procesador de transmisión (TX) de datos, un procesador TX STTD, y un ensanchador espacial en la entidad de transmisión.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de los N_T moduladores en la entidad de transmisión.

La Figura 4 muestra un diagrama de bloques de una entidad de recepción de antena única y una entidad de recepción de múltiples antenas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La expresión "de ejemplo" se utiliza aquí con el significado de "que sirve como ejemplo, caso o ilustración". Cualquier realización descrita en el presente documento como "de ejemplo" no debe necesariamente ser interpretada como preferida o ventajosa sobre otras realizaciones.

Las técnicas de transmisión descritas en este documento pueden usarse para transmisiones de múltiples entradas y salida única (MISO) y para transmisiones de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Una transmisión MISO utiliza múltiples antenas de transmisión y una única antena de recepción. Una transmisión MIMO utiliza múltiples antenas de transmisión y múltiples antenas de recepción.

Las técnicas de transmisión pueden utilizarse para sistemas de comunicación multi-portadora y de portadora única. Un sistema de múltiples portadoras puede utilizar multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), algún otro esquema de modulación multi-portadora, o alguna otra construcción. OFDM divide de forma efectiva el ancho de

banda total del sistema en múltiples (N_F) sub-bandas de frecuencias ortogonales, que también se denominan tonos, sub-portadoras, bins, canales de frecuencia y otros. Con OFDM, cada sub-banda se asocia con una sub-portadora respectiva que puede modularse con datos. Un sistema de portadora única puede utilizar acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA), o algún otro esquema de modulación de portadora única. Un sistema SC-FDMA puede utilizar (1) FDMA intercalada (IFDMA) para transmitir datos y pilotos en las sub-bandas que se distribuyen a lo largo del ancho de banda del sistema general (2) FDMA localizada (LFDMA) para transmitir datos y pilotos en un grupo de sub-bandas adyacentes, o (3) FDMA mejorada (EFDMA) para transmitir datos y pilotos en múltiples grupos de sub-bandas adyacentes. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio del tiempo con SC-FDMA (por ejemplo, IFDMA, LFDMA, y EFDMA) y en el dominio de la frecuencia con OFDM. Para mayor claridad, la mayor parte de la descripción a continuación es para un sistema que utiliza OFDM, estando disponibles para la transmisión de todas las N_F sub-bandas.

La diversidad de transmisión puede conseguirse utilizando diversos esquemas, incluyendo STTD, SFTD, OTD, ensanchado espacial, formación de haz continua y otros. STTD transmite un par de símbolos de datos desde dos antenas en una sub-banda en dos períodos de símbolos para conseguir diversidad de espacio y tiempo. SFTD transmite un par de símbolos de datos desde dos antenas en dos sub-bandas en un periodo de símbolo para conseguir diversidad de espacio y frecuencia. OTD transmite múltiples (N_O) símbolos de datos desde N_O antenas en una sub-banda en N_O períodos de símbolos utilizando N_O códigos ortogonales para conseguir diversidad en el espacio y en el tiempo, siendo $N_O \geq 2$. Tal y como se usa en este documento, un símbolo de datos es un símbolo de modulación para datos de tráfico/paquete, un símbolo piloto es un símbolo de modulación para el piloto (son datos que son conocidos a priori tanto por las entidades transmisoras y receptoras), un símbolo de modulación es un valor complejo para un punto en una constelación de señales para un esquema de modulación (por ejemplo, M-PSK o M-QAM), un símbolo de transmisión (por ejemplo, un símbolo OFDM) es una secuencia de muestras en el dominio del tiempo generadas por un esquema de modulación de portadora única o multi-portadora para un periodo de símbolo, y un símbolo es típicamente un valor complejo.

El ensanchado espacial se refiere a la transmisión de un símbolo desde múltiples antenas de transmisión simultáneamente, posiblemente con diferentes amplitudes y/o fases determinadas por un vector de dirección utilizado para ese símbolo. El ensanchado espacial también puede denominarse diversidad de dirección, dirección de transmisión, dirección de transmisión pseudo-aleatoria, aleatorización espacio-tiempo y otros. El ensanchado espacial puede utilizarse en combinación con STTD, SFTD, OTD y/o formación de haz continua para mejorar el rendimiento y/o para extender la operación normal de estos esquemas de diversidad de transmisión. Por ejemplo, STTD normalmente transmite un flujo de símbolos de datos desde dos antenas. El ensanchado espacial puede utilizarse con STTD para transmitir más de un flujo de símbolos de datos de más de dos antenas de manera simultánea.

La formación de haz continua se refiere a la utilización de diferentes haces a lo largo de las N_F sub-bandas. La formación de haz es continua en que los haces cambian de forma gradual en lugar de forma abrupta a lo largo de las sub-bandas. La formación de haz continua puede llevarse a cabo en el dominio de la frecuencia multiplicando los símbolos para cada sub-banda con una matriz de formación de haz para esa sub-banda. La formación de haz continua también puede llevarse a cabo en el dominio del tiempo mediante la aplicación de diferentes retardos cíclicos para diferentes antenas de transmisión. La formación de haz continua en el dominio del tiempo también se denomina diversidad de retardo cíclico.

La diversidad de transmisión se puede conseguir usando una combinación de esquemas de diversidad de transmisión. Por ejemplo, la diversidad de transmisión se puede conseguir usando una combinación de STTD, SFTD o OTD, ya sea con ensanchado espacial o con formación de haz continua. Como otro ejemplo, la diversidad de transmisión se puede conseguir usando una combinación de STTD, SFTD, OTD o tanto con ensanchado espacial y la diversidad de retardo cíclico. Para mayor claridad, la mayor parte de la siguiente descripción asume el uso de STTD.

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de una realización de una entidad de transmisión de múltiples antenas 110, que puede ser parte de un punto de acceso o un terminal de usuario. Un punto de acceso también puede denominarse una estación base, un sistema de transceptor base o alguna otra terminología. Un terminal de usuario también se puede denominar estación móvil, dispositivo inalámbrico o alguna otra terminología.

Para la realización mostrada en la Figura 1, la entidad de transmisión 110 puede utilizar una combinación de STTD, ensanchado espacial y formación de haz continua para la transmisión de datos. Un procesador 112 de datos de TX recibe y procesa los N_D flujos de datos y proporciona N_D flujos de símbolos de datos, donde $N_D \geq 1$. El procesador de datos TX 112 puede procesar cada flujo de datos de forma independiente o puede procesar de forma conjunta múltiples flujos de datos juntos. Por ejemplo, el procesador 112 de datos TX puede formatear, ensanchar, codificar, intercalar y mapear los símbolos de cada flujo de datos de acuerdo con un esquema de codificación y modulación seleccionado para ese flujo de datos. Un procesador STTD TX 120 recibe los N_D flujos de símbolos de datos, lleva a cabo codificación STTD en cero, uno o múltiples flujos de símbolos de datos, y proporciona N_C flujos de símbolos codificados, donde $N_C \geq N_D$. En general, el procesador TX STTD 120 puede procesar cualquier número de flujos de símbolos de datos con STTD, SFTD, OTD, o algún otro esquema de diversidad de transmisión. Cada flujo de

símbolos de datos puede enviarse como un flujo de símbolos codificados o múltiples flujos de símbolos codificados, tal y como se describe a continuación.

5 Un ensanchador espacial 130 recibe y multiplexa los símbolos codificados con símbolos de piloto, lleva a cabo ensanchado espacial multiplicando los símbolos codificados y los símbolos de piloto con diferentes matrices de direccionamiento y proporciona N_T flujos de símbolos de transmisión para las N_T antenas de transmisión, donde $N_T \geq N_C$. Cada símbolo de transmisión es un valor complejo para ser enviado desde una antena de transmisión en una sub-banda en un periodo de símbolo. N_T moduladores (MOD) 132a a 132nt reciben los N_T flujos de símbolos de transmisión. Para un sistema basado en OFDM, cada modulador 132 lleva a cabo modulación OFDM en su flujo de símbolos de transmisión y proporciona un flujo de muestras en el dominio del tiempo. Cada modulador 132 puede también aplicar un retardo cíclico diferente para su antena, como se describe a continuación. Los N_T moduladores 132a a 132nt proporcionan N_T flujos de muestras a N_T unidades transmisoras (TMTR) 134a a 134nt, respectivamente. Cada unidad transmisora 134 acondiciona (por ejemplo, convierte a analógico, amplifica, filtra, y convierte de forma ascendente en frecuencia) su flujo de muestras y genera una señal modulada. N_T señales moduladas de N_T unidades transmisoras 134a a 134nt se transmiten desde N_T antenas de transmisión 136a a 136nt, respectivamente.

El controlador 140 controla la operación de la entidad de transmisión 110. La memoria 142 almacena los datos y/o códigos de programa para la entidad de transmisión 110.

La entidad de transmisión 110 puede transmitir cualquier número de flujos de símbolos de datos con STTD y cualquier número de flujos de símbolos de datos sin STTD, dependiendo del número de antenas de transmisión y recepción disponibles para la transmisión de datos. La codificación STTD para un flujo de símbolos de datos se puede llevar a cabo de la siguiente manera. Para cada par de símbolos de datos s_a y s_b a enviar en dos periodos de símbolos, el procesador STTD TX 120 genera dos vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b \ -s_a^*]^T$, en los que "*" denota el conjugado complejo y "T" denota la transpuesta. Alternativamente, el procesador TX STTD 120 puede generar dos vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ -s_b^*]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b \ s_a]^T$ para el par de símbolos de datos s_a y s_b . Para ambos esquemas de codificación STTD, cada vector \underline{s}_t , para $t = 1, 2$, incluye dos símbolos codificados para ser enviados desde N_T antenas de transmisión en un periodo de símbolo, donde se envía $N_T \geq 2$. El vector \underline{s}_1 se envía en el primer periodo de símbolos, y el vector \underline{s}_2 se envía en el siguiente periodo de símbolo. Cada símbolo de datos se incluye en ambos vectores y por lo tanto se envía en dos periodos de símbolos. El m-ésimo flujo de símbolos está formado por el elemento m-ésimo de los dos vectores \underline{s}_1 y \underline{s}_2 . Para mayor claridad, la siguiente descripción es para el esquema de codificación STTD con $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b \ -s_a^*]^T$. Para este esquema de codificación STTD, el primer flujo de símbolos codificados incluye los símbolos codificados s_a y s_b y el segundo flujo de símbolos codificados incluye los símbolos codificados s_b y $-s_a^*$.

La Tabla 1 enumera cuatro configuraciones que pueden utilizarse para la transmisión de datos. Una configuración $N_D \times N_C$ indica la transmisión de símbolos de N_D flujos de datos como N_C flujos de símbolos codificados, donde $N_D \geq 1$ y $N_C \geq N_D$. La primera columna identifica las cuatro configuraciones. Para cada configuración, la segunda columna indica el número de flujos de símbolos de datos que se envía, y la tercera columna indica el número de flujos de símbolos codificados. La cuarta columna indica los N_D flujos de símbolos de datos de cada configuración, la quinta columna muestra los flujos de símbolos codificados para cada flujo de símbolos de datos, la sexta columna da el símbolo codificado a enviar en el primer periodo de símbolos ($t = 1$) para cada flujo de símbolos codificados, y la séptima columna da el símbolo codificado a enviar en el segundo periodo de símbolos ($t = 2$) para cada flujo de símbolos codificados. El número de símbolos de datos enviados en cada intervalo de 2 símbolos es igual a dos veces el número de símbolo de flujos de datos, o $2N_D$. La octava columna indica el número de antenas de transmisión requeridas para cada configuración, y la novena columna indica el número de antenas de recepción requeridas para cada configuración.

50 Tabla 1

Configuración	Número de flujos de símbolos de datos N_D	Número de flujos de símbolos codificados N_C	Flujo de símbolos de datos	Flujo de símbolos codificados	Símbolo codificado ($t = 1$) \underline{s}_1	Símbolo codificado ($t = 2$) \underline{s}_2	Número de antenas TX requeridas N_T	Número de antenas RX requeridas N_R
1x2	1	2	1	1	s_a	s_b^*	$N_T \geq 2$	$N_R \geq 1$
				2	s_b	$-s_a^*$		
2x3	2	3	1	1	s_a	s_b^*	$N_T \geq 3$	$N_R \geq 2$
				2	s_b	$-s_a^*$		
				2	s_c	s_d^*		

(continuación)

Configuración	Número de flujos de símbolos de datos N_D	Número de flujos de símbolos codificados N_C	Flujo de símbolos de datos	Flujo de símbolos codificados	Símbolo codificado (t = 1) \underline{s}_1	Símbolo codificado (t = 2) \underline{s}_2	Número de antenas TX requeridas N_T	Número de antenas RX requeridas N_R
2x4	2	4	1	1	s_a	s_b^*	$N_T \geq 4$	$N_R \geq 2$
				2	s_b	$-s_a^*$		
			2	3	s_c	s_d^*		
				4	s_d	$-s_c^*$		
3x4	3	4	1	1	s_a	s_b^*	$N_T \geq 4$	$N_R \geq 3$
				2	s_b	$-s_a^*$		
			2	3	s_c	s_d^*		
			3	s_e	s_f^*			

5 Tal y como se muestra en la Tabla 1, un flujo de símbolos de datos puede ser enviado como dos flujos de símbolos codificados con STTD o un flujo de símbolos codificados sin STTD. Para la realización mostrada en la Tabla 1, para cada flujo de símbolos de datos enviado sin STTD, el símbolo de datos enviado en el segundo periodo de símbolos (t = 2) se conjuga para que coincida con la conjugación que se lleva a cabo en los flujos de símbolos de datos enviados con STTD.

10 Para la configuración 1 x 2, un flujo de símbolos de datos se codifica STTD para generar dos flujos de símbolos codificados. Para cada intervalo de 2 símbolos, los vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b^* \ -s_a^*]^T$ se generan con los símbolos de datos s_a y s_b . El vector \underline{s}_1 se transmite desde al menos dos antenas de transmisión en el primer periodo de símbolo, y el vector \underline{s}_2 se transmite desde las mismas antenas en el segundo periodo de símbolo. Una entidad de recepción utiliza al menos una antena de recepción para recuperar el flujo de símbolos de datos.

15 Para la configuración 2 x 3, dos flujos de símbolos de datos son enviados como tres flujos de símbolos codificados. El primer flujo de símbolos de datos se codifica con STTD para generar dos flujos de símbolos codificados. El segundo flujo de símbolos de datos se envía sin STTD como el tercer flujo de símbolos codificados. Para cada intervalo de 2 símbolos, los vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b \ s_c]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b^* \ -s_a^* \ s_d]^T$ se generan con los símbolos de datos s_a , s_b , s_c , s_d , donde s_a y s_b son del primer flujo de símbolos de datos, y s_c y s_d son del segundo flujo de símbolos de datos. El vector \underline{s}_1 se transmite desde al menos tres antenas de transmisión en el primer periodo de símbolo, y el vector \underline{s}_2 se transmite desde las mismas antenas en el segundo periodo de símbolo. Una entidad de recepción utiliza al menos dos antenas de recepción para recuperar los dos flujos de símbolos de datos.

25 Para la configuración 2 x 4, dos flujos de símbolos de datos son enviados como cuatro flujos de símbolos codificados. Cada flujo de símbolos de datos se codifica con STTD para generar dos flujos de símbolos codificados. Para cada intervalo de 2 símbolos, los vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b \ s_c \ s_d]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b^* \ -s_a^* \ s_d \ -s_c^*]^T$ se generan con los símbolos de datos s_a , s_b , s_c , s_d , siendo s_a y s_b del primer flujo de símbolos de datos, y s_c y s_d del segundo flujo de símbolos de datos. El vector \underline{s}_1 se transmite desde al menos cuatro antenas de transmisión en el primer periodo de símbolo, y el vector \underline{s}_2 se transmite desde las mismas antenas en el segundo periodo de símbolo. Una entidad de recepción utiliza al menos dos antenas de recepción para recuperar los dos flujos de símbolos de datos.

35 Para la configuración 3 x 4, tres flujos de símbolos de datos son enviados como cuatro flujos de símbolos codificados. El primer flujo de símbolos de datos se codifica STTD para generar dos flujos de símbolos codificados. El segundo flujo de símbolos de datos se envía sin STTD como el tercer flujo de símbolos codificados, y el tercer flujo de símbolos de datos se envía sin STTD como el cuarto flujo de símbolos codificados. Para cada intervalo de 2 símbolos, los vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b \ s_c \ s_e]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b^* \ -s_a^* \ s_d \ s_f]^T$ se generan con los símbolos de datos s_a , s_b , s_c , s_d , s_e , s_f , siendo s_a y s_b del primer símbolo de datos flujo, s_c y s_d del segundo flujo de símbolos de datos, y s_e y s_f del tercer flujo de símbolos de datos. El vector \underline{s}_1 se transmite desde al menos cuatro antenas de transmisión en el primer periodo de símbolos, y el vector \underline{s}_2 se transmite desde las mismas antenas en el segundo periodo de símbolos. Una entidad que recibe utiliza al menos tres antenas de recepción para recuperar los tres flujos de símbolos de datos.

La Tabla 1 muestra cuatro configuraciones de ejemplo que se pueden usar para la transmisión de datos, teniendo cada configuración al menos un flujo de símbolos de datos enviado con STTD. Otras configuraciones también se

pueden usar para la transmisión de datos. Una configuración también puede utilizar una combinación de STTD, SFTD y OTD.

5 En general, cualquier número de flujos de símbolos de datos pueden ser enviados como cualquier número de flujos de símbolos codificados de cualquier número de antenas de transmisión, donde $N_D \geq 1$, $N_C \geq N_D$, $N_T \geq N_C$ y $N_R \geq N_D$. Cada flujo de símbolos de datos puede estar o no codificado con STTD, SFTD, OTD, o algún otro esquema de diversidad de transmisión. Cada flujo de símbolos de datos puede ser enviado como un flujo de símbolos codificados o múltiples (por ejemplo, dos) flujos de símbolos codificados.

10 La entidad de transmisión puede procesar los símbolos codificados para ensanchado espacial y formación de haz continua, como sigue:

$$\mathbf{x}_t(k) = \mathbf{B}(k) \cdot \mathbf{V}(k) \cdot \mathbf{G}(k) \cdot \mathbf{s}_t(k), \quad \text{para } t = 1, 2, \quad \text{Ec(1)}$$

15 donde $\mathbf{s}_t(k)$ es un vector $N_C \times 1$ con N_C símbolos codificados para ser enviados en la sub-banda k en el período de símbolos t ;

$\mathbf{G}(k)$ es una matriz diagonal $N_C \times N_C$ con N_C valores de ganancia a lo largo de la diagonal para los N_C símbolos codificados en $\mathbf{s}_t(k)$ y ceros en otra parte;

$\mathbf{V}(k)$ es una matriz de dirección $N_T \times N_C$ para la propagación espacial para la sub-banda k ;

20 $\mathbf{B}(k)$ es una matriz diagonal $N_T \times N_T$ para la formación de haz continua para la sub-banda k ; y

$\mathbf{x}_t(k)$ es un vector $N_T \times 1$ con N_T símbolos de transmisión para ser enviados desde las N_T antenas de transmisión en

la sub-banda k en el período de símbolo t .

25 El vector \mathbf{s}_1 contiene N_C símbolos codificados que se enviarán en el primer período de símbolos, y el vector \mathbf{s}_2 contiene N_C símbolos codificados para ser enviados en el segundo período de símbolo. Los vectores \mathbf{s}_1 y \mathbf{s}_2 se pueden formar como se muestra en la Tabla 1 para las cuatro configuraciones en la tabla.

30 La matriz de ganancia $\mathbf{G}(k)$ determina la cantidad de potencia de transmisión a utilizar para cada uno de los N_C flujos de símbolos codificados. La matriz de ganancia puede ser una función del índice de sub-banda k , como se muestra en la ecuación (1), o puede ser una función que es independiente del índice k . La potencia de transmisión total disponible para la transmisión puede ser denotada como P_{total} . En una forma de realización, se utiliza la misma potencia de transmisión para los N_C flujos de símbolos codificados y los elementos de la diagonal de $\mathbf{G}(k)$ tienen el

35 mismo valor de $\sqrt{P_{total}/N_C}$. En otra realización, el mismo poder de transmisión se utiliza para la transmisión de N_D símbolos de datos, y los N_C valores de ganancia a lo largo de la diagonal $\mathbf{G}(k)$ se definen para lograr el mismo poder de transmisión para la transmisión de N_D símbolos de datos. Los N_C valores de ganancia pueden ser o no iguales dependiendo de la configuración. Como ejemplo, para la configuración 2×3 , el primer flujo de símbolos de datos se envía como dos flujos de símbolos codificados y el segundo flujo de símbolos de datos se envía como un flujo de símbolos codificados. Para lograr la misma potencia de transmisión para los dos flujos de símbolos de datos, una

40 matriz de ganancia $\mathbf{G}(k)$ 3×3 puede incluir valores de ganancia $\sqrt{P_{total}/4}$, $\sqrt{P_{total}/4}$, y $\sqrt{P_{total}/2}$, a lo largo de la diagonal para los tres flujos de símbolos codificados. Cada símbolo codificado en el tercer flujo de símbolos

45 codificados es entonces escalado por $\sqrt{P_{total}/2}$, y se transmite con el doble de potencia que los otros dos símbolos codificados enviados en el mismo periodo de símbolo. Para ambas formas de realización, los N_C símbolos codificados para cada período de símbolo pueden ser escalados para utilizar la potencia de transmisión máxima disponible para cada antena de transmisión. En general, los elementos de la diagonal de $\mathbf{G}(k)$ pueden ser seleccionados para utilizar cualquier cantidad de potencia de transmisión para los N_C flujos de símbolos codificados y para lograr cualquier SNR deseada para los N_D flujos de símbolos de datos. El escalado de potencia para los N_C flujos de símbolos codificados también se puede lograr mediante la ampliación de las columnas de la matriz de dirección $\mathbf{V}(k)$ con una ganancia apropiada.

50 Un flujo de símbolos de datos dado (que se denota como $\{s\}$) puede ser enviado como un flujo de símbolos codificados (que se denota como $\{s_c\}$) de varias maneras. En una realización, la matriz de ganancia $\mathbf{G}(k)$ contiene unos a lo largo de la diagonal, y los flujos de símbolos codificados $\{s_c\}$ se transmiten al mismo nivel de potencia como otros flujos de símbolos codificados. Para esta realización, el flujo de símbolos de datos $\{s\}$ se transmite a la

55 potencia de transmisión más baja que un flujo de símbolos de datos codificados con STTD y por lo tanto consigue una SNR recibida más baja en la entidad de recepción. La codificación y modulación para el flujo de símbolos de datos $\{s\}$ se pueden seleccionar para lograr el rendimiento deseado, por ejemplo, la tasa de error de paquete deseada. En otra realización, cada símbolo de datos en el flujo de símbolos de datos $\{s\}$ se repite y se transmite en dos periodos de símbolo. Como ejemplo, para la configuración 2×3 , el símbolo de datos s_c puede enviarse en dos

60 periodos de símbolo, a continuación, el símbolo de datos s_d puede enviarse en dos periodos de símbolos, y así sucesivamente. Esta realización puede lograr SNR recibidas similares para los N_D flujos de símbolos de datos, que pueden simplificar la codificación y la modulación en la entidad de transmisión y la demodulación y decodificación en la entidad de recepción.

La matriz de dirección $\underline{V}(k)$ extiende espacialmente los N_C símbolos codificados para cada período de símbolo tal que cada símbolo codificado se transmite desde todas las N_T antenas de transmisión y consigue diversidad espacial. El ensanchado espacial puede llevarse a cabo con varios tipos de matrices de dirección, tales como matrices de Walsh, matrices de Fourier, matrices pseudo-aleatorias, etc., que se pueden generar como se describe a continuación. La matriz de dirección $\underline{V}(k)$ se usa para los dos vectores $\underline{s}_1(k)$ y $\underline{s}_2(k)$ para cada sub-banda k . Diferentes matrices de dirección pueden utilizarse para diferentes sub-bandas y/o diferentes intervalos de tiempo, donde cada intervalo de tiempo puede abarcar un múltiplo entero de dos períodos de símbolos para STTD.

La matriz $\underline{B}(k)$ lleva a cabo formación de haz continua en el dominio de la frecuencia. Para un sistema basado en OFDM, una matriz de formación de haz diferente puede ser usada para cada sub-banda. La matriz de formación de haz para cada sub-banda k puede ser una matriz diagonal que tiene la siguiente forma:

$$\underline{B}(k) = \begin{bmatrix} b_1(k) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & b_2(k) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & b_{N_T}(k) \end{bmatrix}, \quad \text{para } k = 1, \dots, N_F, \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde $b_i(k)$ es un peso para la sub-banda k de la antena de transmisión i . El peso $b_i(k)$ puede definirse como:

$$b_i(k) = e^{-j2\pi\Delta T_i \ell(k)\Delta f}, \quad \text{para } i = 1, \dots, N_T \text{ y } k = 1, \dots, N_F, \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde ΔT_i es el retardo de tiempo en antena de transmisión i ;
 donde Δf es el espaciado de frecuencia entre sub-bandas adyacentes; y
 $\ell(k)\Delta f$ es la frecuencia que realmente corresponde a la sub-banda de índice k .

Por ejemplo, si $N_F = 64$, entonces la sub-banda de índice k puede ir del 1 al 64, y $\ell(k)$ puede ser igual a $k - 33$ y puede variar desde -32 hasta 31. Si el ancho de banda total del sistema es de 20 MHz y $N_F = 64$, entonces $\Delta f = 20\text{MHz}/64 = 3,125$ kHz. $\ell(k)\Delta f$ proporciona la frecuencia real (en Hertz) para cada valor de k . Los pesos $b_i(k)$ que se muestran en la ecuación (3) corresponden a un desplazamiento de fase progresivo a través de las N_F sub-bandas totales para cada antena de transmisión, con el desplazamiento de fase cambiando a diferentes velocidades para las N_T antenas de transmisión. Estos pesos forman efectivamente un haz diferente para cada sub-banda.

La formación de haz continua también puede llevarse a cabo en el dominio del tiempo como sigue. Para cada período de símbolo, una transformada de Fourier discreta inversa (IDFT) de N_F puntos o una transformada inversa rápida de Fourier (IFFT) pueden llevarse a cabo en N_F símbolos de transmisión para ser enviados en N_F sub-bandas de cada antena de transmisión i para generar N_F muestras en el dominio del tiempo para esa antena de transmisión. Las N_F muestras en el dominio temporal para cada antena de transmisión i puede ser cíclica o circular retrasado por T_i . Por ejemplo, T_i se puede definir como: $T_i = (i - 1) \cdot \Delta T$, para $i = 1 \dots, N_T$, donde ΔT puede ser igual a un período de muestra, una fracción de un período de muestra, o más de un período de muestra. Las muestras en el dominio del tiempo para cada antena son entonces cíclicamente retrasadas una cantidad diferente.

En la ecuación (1), el escalado por la matriz de ganancia $\underline{G}(k)$ puede omitirse mediante el establecimiento de $\underline{G}(k) = \underline{I}$, el ensanchado espacial puede omitirse mediante el establecimiento de $\underline{V}(k) = \underline{I}$, y la formación de haz continua puede omitirse mediante el establecimiento de $\underline{B}(k) = \underline{I}$, donde \underline{I} es la matriz identidad que contiene unos a lo largo de la diagonal y ceros en el resto. La entidad de transmisión puede llevar a cabo de este modo de escalado selectivo, ensanchado espacial, y formación de haz continua mediante el uso de matrices apropiadas. Las matrices para ensanchado espacial y la formación de haz continua también se pueden combinar como $\underline{V}_B(k) = \underline{B}(k) \cdot \underline{V}(k)$. Las matrices de escalado, la difusión espacial y la formación de haz continua también se pueden combinar como $\underline{V}_{BG}(k) = \underline{B}(k) \cdot \underline{V}(k) \cdot \underline{G}(k)$. La entidad de transmisión puede entonces llevar a cabo procesamiento espacial sobre el vector de datos $\underline{s}(k)$ con $\underline{V}_B(k)$ o $\underline{V}_{BG}(k)$.

La entidad de transmisión también puede utilizar una combinación de SFTD, ensanchado espacial y posiblemente formación de haz continua. Para SFTD, la entidad de transmisión puede generar dos vectores \underline{s}_1 y \underline{s}_2 como se describe anteriormente para STTD y puede enviar estos vectores en dos sub-bandas en un período de símbolo. Para la configuración 1×2 , dos vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b^* \ -s_a^*]^T$ se pueden generar para cada par de símbolos de datos que se enviarán en dos sub-bandas en un período de símbolo para un flujo de símbolos de datos. Para la configuración 2×3 , dos vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b \ s_c]^T$ y pueden ser generados para dos pares de símbolos de datos para ser enviados en dos sub-bandas en un período de símbolo para dos flujos de símbolos de datos. Para la configuración 2×4 , dos vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b \ s_c \ s_d]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b^* \ -s_a \ s_d \ -s_c^*]^T$ pueden generarse para dos pares de símbolos de datos que se enviarán en dos sub-bandas en un período de símbolo para dos flujos de símbolos de datos. Para la configuración 3×4 , dos vectores $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b \ s_c \ s_e]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_b \ -s_a \ s_d \ -s_f]^T$ pueden ser generados para

tres pares de símbolos de datos que se enviarán en dos sub-bandas en un periodo de símbolo para símbolo de tres flujos de datos. Para todas las configuraciones, la entidad de transmisión puede extenderse espacialmente y transmitir el vector \underline{s}_1 en una sub-banda en un periodo de símbolo y puede extenderse espacialmente y transmitir el vector \underline{s}_2 en otra sub-banda en el mismo periodo de símbolo. Las dos sub-bandas están típicamente una junto a la otra.

La entidad de transmisión también puede utilizar una combinación de OTD, ensanchado espacial, y posiblemente formación de haz continua. Para OTD, la entidad de transmisión puede generar múltiples (No) vectores \underline{s}_1 y \underline{s}_{No} y puede enviar estos vectores en una sub-banda en No periodos de símbolo. Para No = 2, la entidad de transmisión puede generar dos vectores \underline{s}_1 y \underline{s}_2 de dos símbolos de datos s_a y s_b (i) multiplicando s_a símbolos de datos con un primer código ortogonal $\{+1 +1\}$ para generar dos símbolos codificados s_a y s_a para una antena de transmisión, multiplicar s_b símbolos de datos con un segundo código ortogonal $\{1 -1\}$ para generar dos símbolos codificados s_b y $-s_b$ para otra antena de transmisión, y (3) la formación de $\underline{s}_1 = [s_a \ s_b]^T$ y $\underline{s}_2 = [s_a - s_b]^T$. En general, No símbolos de datos se pueden multiplicar con No códigos ortogonales diferentes para generar No secuencias de símbolos codificados para No antenas de transmisión. Cada secuencia de símbolos codificados contiene símbolos codificados y no se genera multiplicando un símbolo de datos con un código ortogonal de longitud específica No. Los códigos ortogonales pueden ser códigos Walsh, códigos OVSV y otros.

En general, la diversidad de transmisión se puede lograr de varias maneras y en los dominios del tiempo, la frecuencia y/o espaciales. En una realización, la diversidad de transmisión se logra multiplicando el vector $\underline{s}_i(k)$ con matriz de dirección $\underline{V}(k)$ para generar el vector de transmisión $\underline{x}_i(k)$, como se muestra en la ecuación (1). En otra realización, la diversidad de transmisión se consigue retrasando cíclicamente las muestras en el dominio del tiempo para cada antena de transmisión. En otra realización adicional, la diversidad de transmisión se consigue con una combinación de procesamiento espacial con $\underline{V}(k)$ y retardo cíclico de las muestras de dominio del tiempo. Para todas las realizaciones, el vector $\underline{s}_i(k)$ puede estar formado con STTD, SFTD, OTD, o algún otro esquema de diversidad de transmisión.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de una realización del procesador de datos TX 112, el procesador TX STTD 120, y el ensanchador espacial 130 en la entidad de transmisión 110. Para la realización mostrada en la Figura 2, el procesador de datos TX 112 incluye N_D procesadores de flujo de datos 210a a 210nd que procesan de forma independiente los N_D flujos de datos. Dentro de cada procesador de flujo de datos 210, un codificador 212 codifica los datos de tráfico de acuerdo con un esquema de codificación y genera bits de código. El esquema de codificación puede incluir un código convolucional, un código Turbo, un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), un código de comprobación de redundancia cíclica (CRC), un código de bloque y otros, o una combinación de los mismos. Un intercalador 214 intercala (o reorganiza) los bits de código en base a un esquema de entrelazado. Un mapeador de símbolos 216 correlaciona los bits entrelazados de acuerdo con un esquema de modulación y proporciona símbolos de datos. La codificación y la modulación para cada flujo de datos pueden ser determinadas por una tasa seleccionada para ese flujo de datos. Los procesadores de flujo de datos 210a a 210nd proporcionan N_D flujos de símbolos de datos.

En otra realización, que no se muestra en la Figura 2, el procesador de datos TX 112 procesa conjuntamente los flujos de símbolos de datos para ser enviados con STTD y los flujos de símbolos de datos para ser enviados sin STTD. Por ejemplo, el procesador de datos TX 112 puede recibir un solo flujo de datos, codificar el flujo de datos basado en un esquema de codificación, demultiplexar los bits de código en N_D flujos de bits codificados, y llevar a cabo el intercalado y la correlación de símbolos por separado para los N_D flujos de bits codificados para generar N_D símbolos de flujos de datos. En otra realización más, que tampoco se muestra en la Figura 2, el procesador de datos TX 112 procesa de forma independiente los flujos de símbolos de datos para ser enviado con STTD y los flujos de símbolos de datos para ser enviados sin STTD. Por ejemplo, el procesador de datos TX 112 puede recibir un primer flujo de datos para ser enviado con STTD y un segundo flujo de datos para ser enviado sin STTD. El procesador de datos TX 112 puede codificar, intercalar, mapear los símbolos y demultiplexar el primer flujo de datos para generar $(N_C - N_D)$ flujos de símbolos de datos a enviar con STTD. El procesador de datos de TX 112 también puede codificar, intercalar, mapear los símbolos y demultiplexar el segundo flujo de datos para generar $(2N_D - N_C)$ símbolos de flujos de datos a ser enviados sin STTD. El procesador de datos TX también puede procesar los flujos de datos de otras formas y esto entra dentro del alcance de la invención.

Para la realización mostrada en la Figura 2, el procesador STTD TX 120 incluye N_D codificadores STTD 220a a 220nd para los N_D flujos de símbolos de datos. Cada codificador STTD 220 realiza la codificación STTD en su flujo de símbolos de datos y ofrece dos flujos de símbolos codificados a un multiplexor (MUX) 222. El multiplexor 222 recibe N_D flujos de símbolos de datos del procesador de datos TX 112 y los N_D pares de flujos de símbolos codificados de los codificadores STTD 220a a 220nd. Para cada flujo de símbolos de datos, el multiplexor 222 proporciona ya sea el flujo de símbolos de datos o el par asociado de flujos de símbolos codificados. Los multiplicadores 224a a 224nc reciben y escalan los N_C flujos de símbolos del multiplexor 222 con ganancias g_1 a g_{N_C} , respectivamente, y entrega N_C flujos de símbolos codificados. La escala puede realizarse también en otros lugares dentro del trayecto de transmisión.

Para la realización mostrada en la Figura 2, el ensanchador espacial 130 incluye N_F procesadores espaciales 230a a

230nf para las N_F sub-bandas. Un demultiplexor (demultiplexores) 228 recibe N_C flujos de símbolos codificados y símbolos piloto, proporciona los símbolos codificados en sub-bandas y periodos de símbolo utilizados para la transmisión de datos, y proporciona símbolos piloto en las sub-bandas y periodos de símbolo utilizados para la transmisión de pilotos. Cada procesador espacial 230 recibe N_C símbolos y/o símbolos piloto codificados para ser enviados en la sub-banda k asociado en un periodo de símbolo, multiplica el símbolo codificado y/o símbolos piloto con una matriz de dirección $\underline{V}(k)$, y proporciona N_T transmitir símbolos para ser enviados desde la antena de transmisión N_T en la sub-banda k . Un multiplexor 232 recibe los símbolos de transmisión de todos los N_F procesadores espaciales 230a a 230nf y mapea los símbolos de transmisión N_T de cada procesador espacial 230 a los N_T flujos de símbolos de transmisión. Cada flujo de símbolos de transmisión incluye N_F símbolos de transmisión de los N_F procesadores espaciales 230a a 230nf para una antena de transmisión.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de una realización de moduladores 132a a 132nt en la entidad de transmisión 110. Dentro de cada modulador 132, una unidad IDFT 312 lleva a cabo una IDFT de N_F puntos o una IFFT de N_F símbolos de transmisión para ser enviados en las N_F sub-bandas en un periodo de símbolo y proporciona N_F muestras en el dominio del tiempo. Un convertidor de paralelo a serie (Convertidor P/S) 314 serializa las N_F muestras en el dominio del tiempo. Una unidad de desplazamiento circular 316 lleva a cabo un desplazamiento cíclico o circular de las N_F muestras en el dominio del tiempo por $T_i = \cdot \Delta T$, donde ΔT es un periodo fijo (por ejemplo, un periodo de muestra) y T_i es la cantidad de desplazamiento cíclico de la transmisión por la antena i . Un generador de prefijo cíclico 318 recibe las N_F muestras circularmente desplazadas de la unidad 316, añade un prefijo cíclico de N_{cp} muestras, y proporciona un símbolo OFDM (o símbolo de transmisión) que contienen muestras $N_F + N_{cp}$. El dominio del tiempo de formación de haz continua puede ser desactivado por tener unidades de desplazamiento cíclico 316a a 316nt simplemente pasan las muestras de dominio temporal de los convertidores P/S 314a a 3164nt a los generadores de prefijos cíclicos 318a a 3168nt, respectivamente. Las unidades de desplazamiento circular 316a a 316nt también posible que sólo retarden (retardo en lugar de circular) las muestras en el dominio del tiempo a través de los convertidores P/S 314a 3164nt en cantidades diferentes, de manera que las transmisiones desde las antenas 136a a 136nt se retrasan en cantidades diferentes.

La Figura 4 muestra un diagrama de bloques de una realización de una antena única entidad de recepción 150x y una entidad de recepción multi-antena 150y. Cada entidad de recepción puede ser parte de una estación base o de un terminal de usuario.

En la entidad de recepción de antena única 150x, una antena 152x recibe las N_T señales moduladas transmitidas mediante la entidad de transmisión 110 y proporciona una señal recibida a una unidad receptora (RCVR) 154x. La unidad receptora 154x acondiciona (por ejemplo, amplifica, filtra, convierte de manera descendente en frecuencia y digitaliza) la señal recibida y proporciona un flujo de muestras recibidas a un demodulador (Demod) 156x. Para un sistema basado en OFDM, 156x el demodulador OFDM lleva a cabo la demodulación de las muestras recibidas para obtener símbolos recibidos, proporciona símbolos de datos recibidos a un detector 158, y proporciona símbolos piloto recibidos a un estimador de canal 162. El estimador de canal 162 deriva una estimación de respuesta de canal efectiva para un canal de entrada única y salida única (SISO) entre la entidad de transmisión 110 y la entidad de recepción 150x para cada sub-banda utilizada para la transmisión de datos. El detector 158 lleva a cabo detección de datos (por ejemplo, ecualización) sobre los símbolos de datos recibidos para cada sub-banda basándose en la estimación de respuesta de canal efectiva SISO para esa sub-banda y proporciona símbolos de datos recuperados para la sub-banda. Un procesador de datos RX 160 procesa (por ejemplo, símbolo desmapea, desintercala, y decodifica) los símbolos de datos recuperados y proporciona datos decodificados.

En la unidad receptora multi-antena 150y, N_R antenas 152a a 152nr reciben las N_T señales moduladas, y cada antena 152 proporciona una señal recibida a una unidad receptora respectiva 154. Cada unidad de recepción 154 acondiciona su señal recibida y proporciona una muestra recibida flujo a un demodulador asociado (Demod) 156. Cada demodulador 156 lleva a cabo la demodulación OFDM (si es aplicable) en su flujo de muestras recibido, proporciona símbolos de datos recibidos a un procesador espacial RX 170, y proporciona símbolos de piloto recibidos a un estimador de canal 166.

El estimador de canal 166 obtiene los símbolos piloto recibidos para todos N_R antenas de recepción y deriva una estimación de respuesta de canal para el canal MIMO real o efectiva entre la transmisión de la entidad 110 y la entidad de recepción de 150y para cada sub-banda utilizada para la transmisión de datos. Si la entidad de transmisión 110 lleva a cabo procesamiento espacial sobre los símbolos piloto en la misma manera que los símbolos de datos, como se muestra en la Figura 1, entonces las matrices de dirección pueden ser vistas como parte del canal inalámbrico. En este caso, la entidad de recepción 150y puede derivar una estimación del canal MIMO efectivo, que incluye la respuesta del canal MIMO real, así como los efectos de las matrices de dirección. Si la entidad de transmisión 110 no lleva a cabo procesamiento espacial sobre los símbolos piloto, a continuación, la entidad de recepción 150y puede derivar una estimación del canal MIMO real y puede entonces derivar una estimación del canal MIMO efectivo basado en la estimación actual de respuesta de canal MIMO y las matrices de dirección.

Un generador de filtro adaptado 168 deriva una matriz de filtro espacial $\underline{M}(k)$ para cada sub-banda utilizada para la transmisión basándose en la estimación de respuesta de canal para esa sub-banda. El procesador espacial RX 170

obtiene símbolos de datos recibidos para las N_R antenas de recepción y lleva a cabo pre-procesamiento sobre los símbolos de datos recibidos para tener en cuenta el esquema de STTD utilizado por la entidad de transmisión 110. El procesador espacial RX 170 lleva a cabo además procesamiento espacial de recepción (o filtrado adaptado espacial) en los símbolos de datos pre-procesados para cada sub-banda con la matriz de filtro espacial para esa sub-banda y proporciona símbolos de la sub-banda detectados. Un procesador RX 172 STTD lleva a cabo un procesamiento posterior de los símbolos detectados basado en el régimen STTD utilizado por la entidad de transmisión 110 y proporciona símbolos de datos recuperados. Un procesador de datos RX 174 procesa (por ejemplo, desmapea los símbolos, desintercala, y decodifica) los símbolos de datos recuperados y proporciona datos decodificados.

Los controladores 180x y 180y controlan el funcionamiento en las entidades de recepción 150x y 150y, respectivamente. Las memorias 182x y 182y almacenan datos y/o códigos de programa para las entidades de recepción 150x y 150y, respectivamente.

Varios tipos de matrices de dirección se pueden utilizar para difusión espacial. Por ejemplo, matriz de dirección $\underline{V}(k)$ puede ser una matriz de Walsh, una matriz de Fourier, o alguna otra matriz. Una matriz Walsh $\underline{W}_{2 \times 2}$ puede expresarse como $\underline{W}_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$. Una matriz Walsh de tamaño más grande $\underline{W}_{2N \times 2N}$ puede formarse a partir de una matriz Walsh de tamaño más pequeño $\underline{W}_{N \times N}$, como sigue:

$$\underline{W}_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} \underline{W}_{N \times N} & \underline{W}_{N \times N} \\ \underline{W}_{N \times N} & -\underline{W}_{N \times N} \end{bmatrix}. \quad \text{Ecuación (4)}$$

Una matriz de Fourier $N \times N$ $\underline{D}_{N \times N}$ tiene un elemento $d_{n,m}$ en la fila n -ésima de la columna m -ésima, que puede expresarse como:

$$d_{n,m} = e^{-j2\pi \frac{(n-1)(m-1)}{N}}, \quad \text{para } n=1, \dots, N \text{ y } m=1, \dots, N. \quad \text{Ecuación (5)}$$

Se pueden formar matrices de Fourier de cualquier dimensión cuadrada (por ejemplo, 2, 3, 4, 5, y así sucesivamente).

Una matriz de Walsh $\underline{W}_{N \times N}$, una matriz de Fourier $\underline{D}_{N \times N}$, o alguna otra matriz pueden ser utilizadas como matriz base $\underline{B}_{N \times N}$ para formar otras matrices de dirección. Para una matriz base $N \times N$, cada una de las filas 2 a N de la matriz base podrán multiplicarse de forma independiente con uno de M diferentes escalares posibles. M^{N-1} matrices de dirección diferentes se pueden obtener de M^{N-1} permutaciones diferentes de los escalares M para las $N-1$ filas. Por ejemplo, cada una de las filas 2 a N podrán multiplicarse de manera independiente con un escalar de $+1$, -1 , $+j$, o $-j$,

donde $j = \sqrt{-1}$. Para $N = 4$, 64 matrices de dirección diferentes pueden ser generadas a partir de una matriz base $\underline{B}_{4 \times 4}$ con cuatro escalares diferentes. Matrices de dirección adicionales pueden ser generadas con otros escalares, por ejemplo, $e^{+j3\pi/4}$, $e^{+j\pi/4}$, $e^{+j3\pi/8}$ y otros. En general, cada fila de la matriz base puede multiplicarse con cualquier escalar que tiene la forma $e^{j\theta}$, donde θ puede ser cualquier valor de fase. Un conjunto de matrices de dirección $N \times N$ puede ser generado a partir de la matriz base $N \times N$ como $\underline{V}(i) = g_N \underline{B}_{N \times N}^i$, donde $g_N = 1/\sqrt{N}$ y $\underline{B}_{N \times N}^i$ es la matriz de dirección i -ésima generada con la matriz base $\underline{B}_{N \times N}$. El escalado por $g_N = 1/\sqrt{N}$ asegura que cada columna de $\underline{V}(i)$ tiene potencia unitaria. Las matrices de dirección en conjunto pueden ser utilizadas para diferentes sub-bandas y/o intervalos de tiempo.

Las matrices de dirección también pueden ser generadas de manera pseudo-aleatoria. Las matrices de dirección son típicamente matrices unitarias que tienen columnas que son ortogonales entre sí. Las matrices de dirección también pueden ser matrices ortonormales que tienen columnas ortogonales y potencia unitaria para cada columna, de modo que $\underline{V}^H \times \underline{V} = \underline{I}$. Una matriz de dirección de dimensión que no es cuadrada se puede obtener mediante la supresión de una o más columnas de una matriz de dirección cuadrada.

Diferentes matrices de dirección pueden utilizarse para diferentes intervalos de tiempo. Por ejemplo, diferentes matrices de dirección pueden utilizarse para diferentes periodos de símbolo para SFTD y para diferentes intervalos de 2 símbolos para STTD y OTD. Para un sistema basado en OFDM, diferentes matrices de dirección pueden utilizarse para diferentes sub-bandas para STTD y OTD y para diferentes pares de sub-bandas para SFTD. Diferentes matrices de dirección también pueden utilizarse para diferentes sub-bandas y diferentes periodos de símbolo. La aleatorización proporcionada por la diversidad de dirección (en el tiempo y/o en la frecuencia) con el uso de diferentes matrices de dirección puede mitigar los efectos perjudiciales de un canal inalámbrico.

Las técnicas de transmisión descritas en el presente documento pueden implementarse por diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, firmware, software o en una combinación de los mismos. Para una implementación hardware, las unidades de procesamiento en la entidad de transmisión pueden ser implementadas dentro de una o más aplicaciones de circuitos integrados específicos (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables en campo (FPGA), procesadores, controladores, micro-controladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para llevar a cabo las funciones descritas en el presente documento o una combinación de los mismos.

Para una implementación software, las técnicas pueden implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que llevan a cabo las funciones descritas en el presente documento. Los códigos software pueden almacenarse en una memoria y ser ejecutados por un procesador. La memoria puede implementarse dentro del procesador o ser externa al procesador, en cuyo caso puede acoplarse comunicativamente al procesador a través de diversos medios tal y como es conocido en la técnica.

Se proporciona la descripción anterior de las realizaciones divulgadas para permitir que cualquier persona experta en la técnica lleve a cabo o utilice la presente invención. Diversas modificaciones a estas realizaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica y los principios genéricos aquí definidos pueden aplicarse a otras realizaciones sin alejarse del alcance de la invención. Así, la presente invención no pretende limitarse a las realizaciones aquí mostradas, sino que debe concedérsele el más amplio alcance coherente con los principios y características novedosas divulgados en el presente documento, tal como se definen en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:
- 5 procesar símbolos de datos en base a un esquema de diversidad de transmisión para generar símbolos codificados; y
- llevar a cabo procesamiento espacial sobre los símbolos codificados para generar símbolos de transmisión para su transmisión a través de una pluralidad de antenas (136);
- 10 en el que procesar los símbolos de datos en base al esquema de diversidad de transmisión comprende procesar los símbolos de datos en base a un esquema de diversidad de transmisión espacio-tiempo (STTD), un esquema de diversidad de transmisión espacio-frecuencia (SFTD) o un esquema de diversidad de transmisión ortogonal (OTD) para generar los símbolos codificados;
- 15 **caracterizado por que**
la realización de procesamiento espacial sobre los símbolos codificados comprende llevar a cabo ensanchado espacial con una pluralidad de matrices de dirección, y la utilización de diferentes matrices de dirección para diferentes sub-bandas de frecuencia, diferentes intervalos de tiempo, o ambos.
- 20 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las diferentes matrices de dirección se generan de una forma pseudo-aleatoria.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende: aplicar diferentes retardos cíclicos (316) para la pluralidad de antenas (136).
- 25 4. Un aparato (110) que comprende:
- 30 medios (120) para procesar símbolos de datos en base a un esquema de diversidad de transmisión para generar símbolos codificados; y
- medios (130) para llevar a cabo el procesamiento espacial de los símbolos codificados para generar símbolos de transmisión para su transmisión a través de una pluralidad de antenas, en el que los medios para procesar los símbolos de datos en base al esquema de diversidad de transmisión comprenden
- 35 medios para procesar los símbolos de datos en base a un esquema de diversidad de transmisión espacio-tiempo STTD, un esquema de diversidad de transmisión espacio-frecuencia SFTD o un esquema de diversidad de transmisión ortogonal OTD para generar los símbolos codificados;
- 40 **caracterizado por que**
los medios para llevar a cabo el procesamiento espacial sobre los símbolos codificados comprenden medios para llevar a cabo ensanchado espacial con una pluralidad de matrices de dirección, y medios para utilizar diferentes matrices de dirección para diferentes sub-bandas de frecuencia, diferentes intervalos de tiempo, o ambos.
- 45 5. El aparato según la reivindicación 4, en el que las diferentes matrices de dirección se generan de una forma pseudo-aleatoria.
6. El aparato según la reivindicación 4, que además comprende: medios (132) para aplicar diferentes retardos cíclicos para la pluralidad de antenas (136).
- 50 7. Un programa informático que comprende el código de software ejecutable en ordenador para llevar a cabo un procedimiento según cualquiera de la reivindicación 1 a 3 cuando se ejecuta en dicho ordenador.

Entidad de transmisión multi-antena

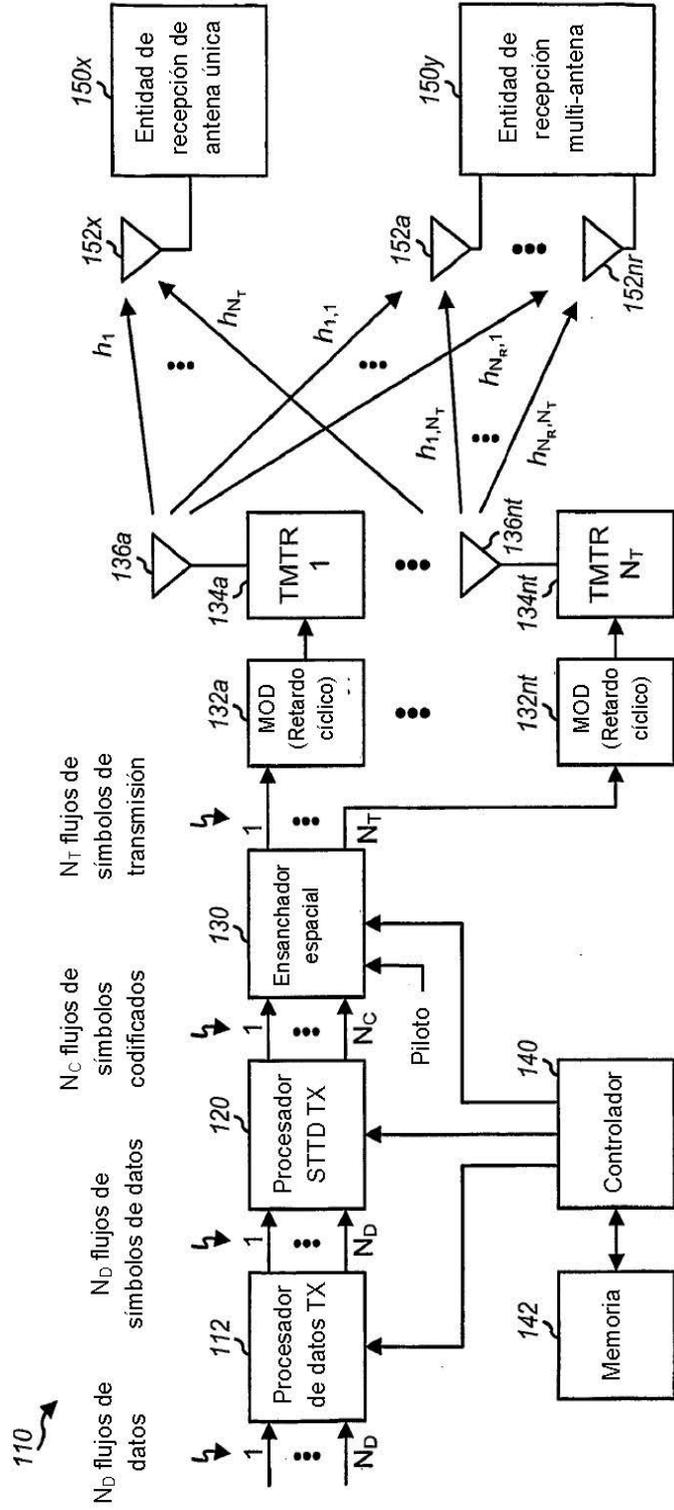


FIG. 1

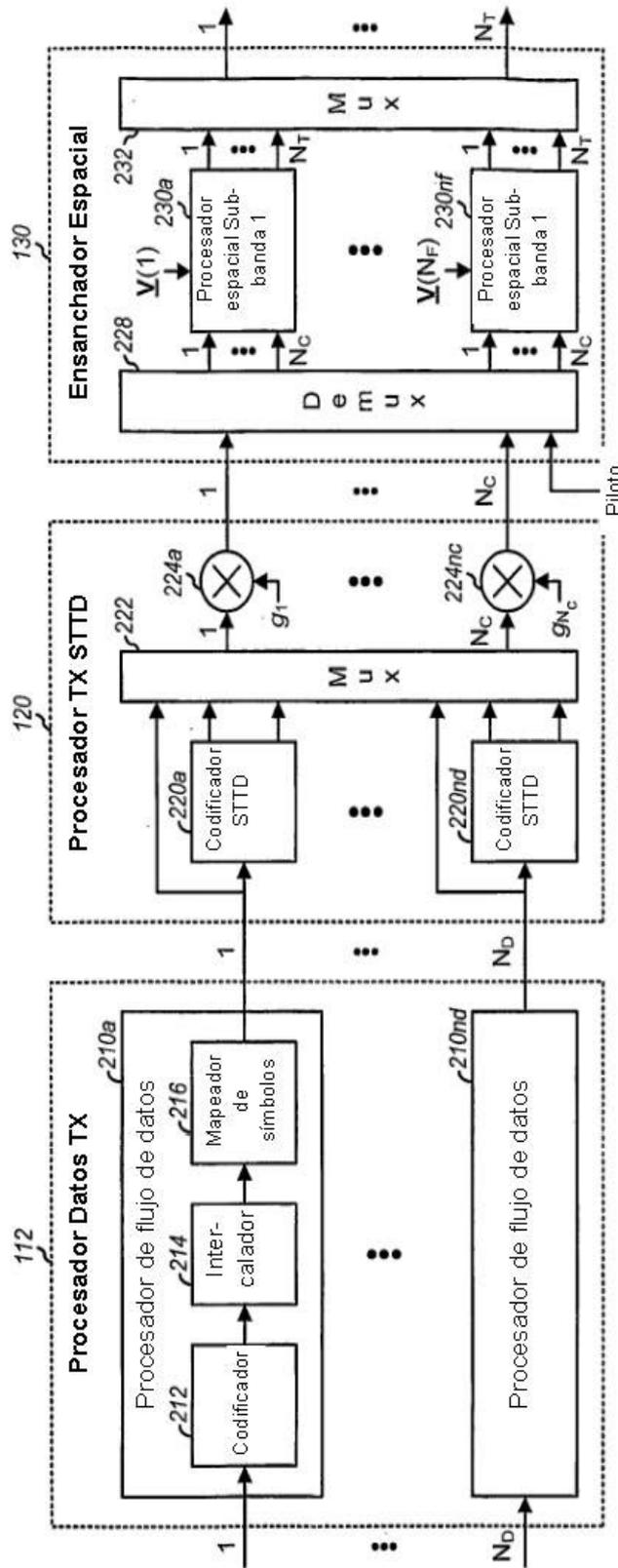


FIG. 2

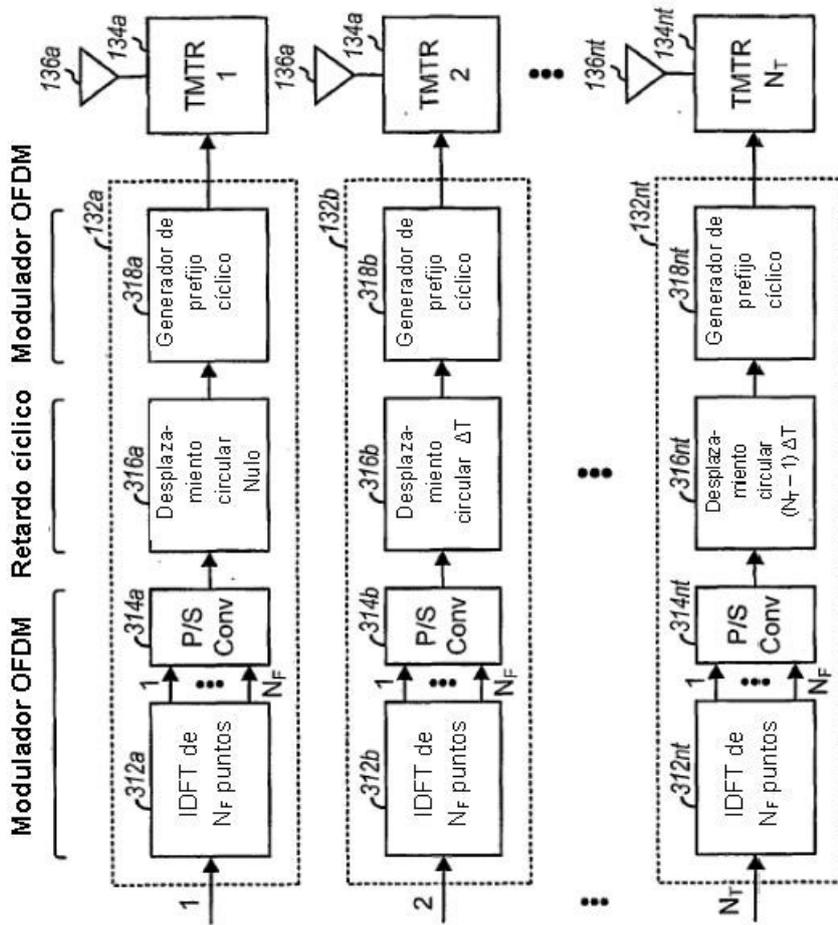


FIG. 3

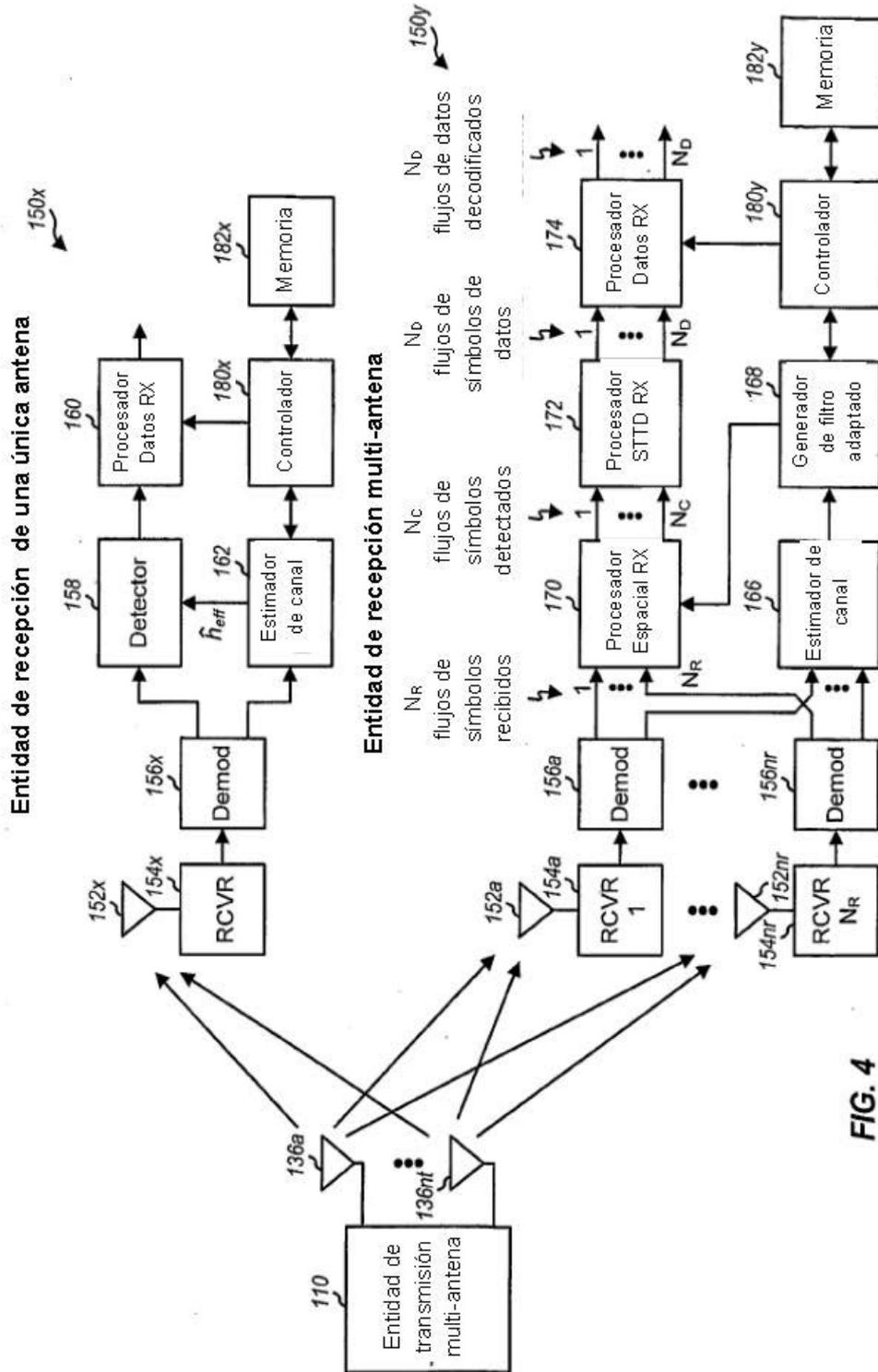


FIG. 4