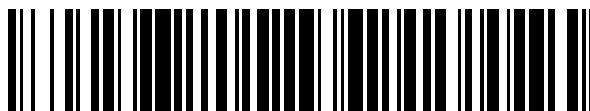


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 983**

51 Int. Cl.:

**H04W 52/42** (2009.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2004 E 04714126 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014 EP 1597884**

54 Título: **Esquemas de transmisión para sistemas de comunicación de múltiples antenas utilizando modulación de múltiples portadoras**

30 Prioridad:

**25.02.2003 US 375191**

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

**03.12.2014**

73 Titular/es:

**QUALCOMM, INCORPORATED (100.0%)  
5775 MOREHOUSE DRIVE  
SAN DIEGO, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**KRISHNAN, RANGANATHAN;  
SUBRAMANIAM, ANAND y  
KADOUS, TAMER**

74 Agente/Representante:

**FÀBREGA SABATÉ, Xavier**

ES 2 523 983 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**

Esquemas de transmisión para sistemas de comunicación de múltiples antenas utilizando modulación de múltiples portadoras

5

**ANTECEDENTES****I. Campo**

La presente invención se refiere en general a la comunicación de datos y, más específicamente, a sistemas de transmisión de datos y pilotos para sistemas de comunicación de múltiples antenas que utilizan la modulación de múltiples portadoras.

**II. Antecedentes**

15

Un sistema de comunicación de múltiples antenas emplea múltiples (T) antenas de transmisión y uno o más (R) antenas de recepción para la transmisión de datos y pilotos. Las T antenas de transmisión pueden utilizarse para aumentar el rendimiento mediante la transmisión de flujos de datos independientes desde estas antenas. Las T antenas de transmisión también pueden usarse para mejorar la fiabilidad mediante la transmisión de un único flujo de datos de forma redundante desde estas antenas.

20

En un sistema de comunicación de múltiples antenas, puede ser necesario estimar las ganancias de canal entre las T antenas de transmisión y las R antenas de recepción. La estimación de canal puede ser necesaria para determinar un modo particular a utilizar para la transmisión de datos, para procesar una transmisión de datos recibida y así sucesivamente. Como se describe por ejemplo en US 2002/0041635 A1 o en US 2002/0122383 A1. La estimación del canal se lleva a cabo típicamente mediante la transmisión de símbolos piloto que son conocidos a priori por el receptor. El receptor puede entonces estimar las ganancias de canal como la relación de los símbolos piloto recibidos a los símbolos de piloto conocidos.

25

Las estimaciones de canal obtenidas sobre la base de la transmisión de pilotos normalmente se deterioran tanto por el ruido como por la interferencia. El ruido puede provenir de varias fuentes, tales como el canal inalámbrico, la electrónica del receptor y así sucesivamente. El deterioro por ruido normalmente se puede tratar adecuadamente mediante el diseño de una señal piloto y/o la transmisión de la señal piloto durante un periodo suficiente de tiempo tal que las estimaciones del canal de una calidad deseada particular, pueden ser obtenidas por el receptor. Tal y como se describe por ejemplo en US 6.473.467 B1.

30

35

Para un sistema de múltiples antenas, la interferencia puede ser el resultado de la transmisión de la señal piloto de forma simultánea desde todas las T antenas de transmisión. Esto es debido a que la señal piloto transmitida desde cada antena actúa como interferencia a las señales piloto transmitidas desde las otras antenas.

40

El mismo fenómeno de interferencia se produce cuando se utilizan las T antenas de transmisión para la transmisión de datos. En particular, si la misma señal se transmite de forma redundante desde múltiples antenas sin tener en cuenta la interferencia, a continuación, la señal de cancelación puede ocurrir en el receptor en función de las condiciones del canal y la ubicación específica del receptor. En consecuencia, no se lograrían un mayor rendimiento y/o fiabilidad, mediante la transmisión simultánea de datos desde múltiples antenas.

45

Por tanto, existe una necesidad en la técnica de esquemas de transmisión que puedan abordar con eficacia la interferencia en los sistemas de comunicación de múltiples antenas.

50

**RESUMEN**

Esta necesidad es cumplida por la materia objeto de las reivindicaciones independientes de la presente invención.

Los esquemas de transmisión de datos y pilotos para los sistemas de comunicación de múltiples antenas que utilizan la modulación de múltiples portadoras se proporcionan en el presente documento. En un aspecto, la multiplexación de sub-bandas se utiliza para evitar la interferencia resultante de la transmisión de múltiples señales simultáneamente desde múltiples antenas. Con la multiplexación de sub-bandas, M sub-bandas utilizables procedentes de la modulación de múltiples portadoras (por ejemplo, OFDM) están dispuestas inicialmente para formar múltiples grupos de sub-bandas, incluyendo cada grupo un subconjunto diferente de las sub-bandas utilizables. Los grupos de sub-bandas pueden formarse de varias maneras como se describe a continuación. A cada una de las T antenas de transmisión, se le asignan a continuación uno o posiblemente más grupos de sub-bandas para la transmisión de pilotos y típicamente un grupo de sub-bandas para la transmisión de datos. Los grupos de sub-bandas utilizadas para la transmisión de pilotos pueden ser iguales o diferentes a los grupos de sub-bandas utilizadas para la transmisión de datos. El piloto y los datos pueden ser transmitidos desde cada antena en las sub-bandas asignadas a esa antena para la transmisión de pilotos y de datos. Con la multiplexación de sub-bandas, se

60

65

pueden transmitir el piloto y/o los datos simultáneamente desde todas las T antenas en todas las sub-bandas utilizables sin causar interferencias.

5 Pueden también utilizarse otras técnicas para mejorar el rendimiento de las transmisiones de pilotos y de datos. Por ejemplo, para cada antena de transmisión, la potencia de transmisión para cada sub-banda asignada a la antena puede hacerse a escala superior, tal que la totalidad o la mayor cantidad de potencia de transmisión total disponible para la antena se utilice para la transmisión. Para la transmisión de pilotos que ocurre a lo largo de múltiples períodos de símbolos, las sub-bandas asignadas a las T antenas de transmisión pueden ser permutadas. La permutación de sub-bandas permite que se utilicen más sub-bandas por cada antena, y se pueden obtener mejoras de las estimaciones del canal al mismo tiempo que se evita la interferencia.

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

### 15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características, naturaleza y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se tome en conjunto con los dibujos en los que caracteres de referencia similares identifican correspondientemente y en donde:

20 La Figura 1A muestra una estructura de sub-bandas OFDM;

La Figura 1B muestra una estructura de sub-bandas que da soporte a multiplexación de sub-bandas;

25 La Figura 2A muestra una transmisión de piloto/ datos de ejemplo de las T antenas usando multiplexación de sub-bandas;

La Figura 2B muestra una transmisión de piloto de ejemplo de las T antenas usando multiplexación de sub-bandas y la permutación de sub-bandas;

30 La Figura 3A muestra una transmisión de datos de ejemplo de las T antenas usando multiplexación de sub-bandas y la diversidad de transmisión;

La Figura 3B muestra una transmisión de datos de ejemplo de las T antenas usando la multiplexación de sub-bandas y diferentes pares de antenas para diversidad de transmisión;

35 La Figura 3C muestra una transmisión de datos de ejemplo de los W grupos de antenas utilizando multiplexación de sub-bandas;

40 La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un proceso para la transmisión de piloto y/o datos utilizando multiplexación de sub-bandas;

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una unidad transmisora y dos unidades receptoras;

45 La Figura 6 muestra un diagrama de bloques de un procesador espacial de transmisión (TX) que implementa un régimen de diversidad de transmisión espacio-tiempo (STTD);

La Figura 7A muestra un diagrama de bloques de un procesador espacial de TX que implementa un esquema Walsh-STTD;

50 La Figura 7B muestra un diagrama de bloques de un codificador Walsh-STTD; y

La Figura 8 muestra un diagrama de bloques de un modulador OFDM.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

55 La expresión "de ejemplo" se usa aquí para significar "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". Una forma de realización o diseño descrito en el presente documento como "de ejemplo" no es necesariamente deben interpretarse como preferida o ventajosa sobre otras realizaciones o diseños.

60 Los esquemas de transmisión de piloto y datos descritos en este documento pueden usarse para diversos sistemas de comunicación de múltiples antenas y con varias técnicas de modulación de múltiples portadoras. Para mayor claridad, estos esquemas de transmisión se describen específicamente para un sistema de múltiples antenas que utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).

65 La Figura 1A muestra una estructura de sub-bandas OFDM 100 que puede utilizarse para un sistema de comunicación de múltiples antenas. El sistema tiene un ancho de banda total del sistema de W MHz, que se divide

en N sub-bandas ortogonales utilizando OFDM. En un sistema OFDM típico, sólo M de las N sub-bandas totales se utilizan para el piloto y transmisión de datos, donde  $M < N$ . Las sub-bandas restantes  $N - M$  no se utilizan para la transmisión de piloto/datos y sirven como sub-bandas de guarda para permitir al sistema satisfacer los requisitos de máscara espectral. Las M sub-bandas utilizables incluyen las sub-bandas F a  $F + M - 1$ , donde F es un número entero seleccionado de tal manera que normalmente las M sub-bandas utilizables están centradas en el medio de la banda de funcionamiento.

Para OFDM, los datos o pilotos que se transmiten en cada sub-banda utilizable se modulan primero (es decir, se les asignan símbolos de modulación) usando un esquema de modulación particular. Se proporciona un valor de señal cero a cada una de las  $N - M$  sub-bandas no utilizadas. Para cada periodo de símbolo OFDM, N símbolos (por ejemplo, M símbolos de modulación y  $N - M$  ceros) para las N sub-bandas totales se transforman al dominio del tiempo utilizando una transformada inversa rápida de Fourier (IFFT) para obtener un símbolo "transformado" que comprende N muestras en el dominio de tiempo. Para combatir la interferencia entre símbolos (ISI) provocada por desvanecimiento selectivo de frecuencia, una parte de cada símbolo transformado se repite para formar un símbolo OFDM correspondiente compuesto de  $N + C$  muestras, donde C es el número de muestras que se repite. La porción repetida se denomina a menudo prefijo cíclico. El símbolo OFDM se transmite entonces a través del canal inalámbrico. En un diseño de ejemplo, el ancho de banda del sistema es  $W = 20$  MHz, el número total de sub-bandas es  $N = 256$ , el número de sub-bandas utilizables es  $M = 224$ , y la duración de cada símbolo transformado es de 12,8 microsegundos. Un periodo de símbolo OFDM (o simplemente, un periodo de símbolo) corresponde a la duración de un símbolo OFDM.

Tal y como se señaló anteriormente, la multiplexación de sub-bandas se utiliza para evitar la interferencia causada por la transmisión de múltiples señales simultáneamente desde múltiples antenas. Con la multiplexación de sub-bandas, el piloto y/o los datos se transmiten simultáneamente desde las T antenas en grupos de sub-bandas que son "disjuntos" (donde disjuntos se describe a continuación) de modo tal que se evita la interferencia. Se pueden definir numerosos esquemas de transmisión de pilotos y datos con multiplexación de sub-bandas. Algunos de estos esquemas de transmisión se describen a continuación.

La Figura 1B muestra una estructura de sub-bandas 150 que da soporte a multiplexación de sub-bandas. En esta realización, las M sub-bandas utilizables se dividen inicialmente en S conjuntos disjuntos, incluyendo cada conjunto T sub-bandas consecutivas, donde  $T \cdot S \leq M$ . Las T sub-bandas en cada conjunto se asignan a T grupos de forma tal que el la sub-banda i-ésima en cada conjunto se asigna al grupo i-ésimo. Con este esquema de asignación de sub-bandas, las S sub-bandas en cada grupo se distribuyen uniformemente a través de las M sub-bandas utilizables, y sub-bandas consecutivas en el grupo están separadas por T sub-bandas. Los T grupos de sub-bandas pueden ser asignados a las T antenas de transmisión para la transmisión de pilotos/ datos.

En general, las M sub-bandas utilizables pueden ser asignadas a los T grupos en diversas maneras y esto entra dentro del alcance de la invención. Los T grupos pueden incluir los mismos o diferentes números de sub-bandas. Por otra parte, las sub-bandas en cada grupo pueden estar uniforme o no uniformemente distribuidas a lo largo de las M sub-bandas utilizables. El único requisito es que los T grupos de sub-bandas sean disjuntos entre ellos de modo que se evite la interferencia. Por simplicidad, la siguiente descripción supone que cada uno de los T grupos sub-bandas incluyen S sub-bandas, distribuyéndose de manera uniforme las sub-bandas en cada grupo y estando separadas por T sub-bandas (como se muestra en la Figura 1B) y  $T \cdot S = M$ .

La Figura 2A muestra una transmisión de piloto/datos de ejemplo de las T antenas usando multiplexación de sub-bandas. A cada una de las T antenas se les asigna un respectivo grupo de sub-bandas. En la Figura 2A, el grupo de sub-bandas 1 se asigna a la antena 1, el grupo de sub-bandas 2 se asigna a la antena 2, y así sucesivamente, y el grupo de sub-banda T se asigna a la antena T. Estos T grupos de sub-bandas pueden estar formados como se ha descrito anteriormente para la Figura 1B. Cada grupo incluye las S sub-bandas que se muestran en las casillas sombreadas. La transmisión de pilotos/datos desde cada antena se produce sólo en las sub-bandas asignadas a esa antena.

Tal y como se muestra en la Figura 2A, si se transmiten pilotos/datos desde cada antena sólo en las sub-bandas asignadas a la antena, entonces no habrá ninguna interferencia entre las transmisiones desde las T antenas. Esto es porque las sub-bandas son ortogonales entre sí y cada sub-banda se utiliza como máximo en una antena para la transmisión. Por lo tanto, se evita la interferencia a pesar de que se envían simultáneamente T transmisiones desde las T antenas.

En un sistema de comunicación inalámbrica típico, cada antena puede estar asociada con una potencia de transmisión total de  $P_{ant}$ , que es la potencia de transmisión máxima que se puede utilizar para la transmisión de pilotos/datos desde esa antena. Este  $P_{ant}$  puede venir dictada por el pico de salida de un amplificador de potencia para la antena, por una restricción reguladora y/o por algunos otros requisitos. Se puede lograr una mejora del rendimiento mediante el uso de la totalidad o la mayor cantidad de potencia de transmisión total posible para la transmisión de pilotos/datos desde cada antena. En particular, ya que sólo S de las M sub-bandas utilizables son asignadas a cada antena, donde  $S = M/T$  por simplicidad, la potencia de transmisión para cada una de las S sub-

bandas asignadas a cada antena puede ser aumentada en un factor  $T$ . Esto permitiría entonces que alcanzar una relación señal-ruido (SNR) recibida superior para cada una de las  $S$  sub-bandas de cada antena.

5 En un primer esquema de transmisión de pilotos, el piloto se transmite simultáneamente desde las  $T$  antenas usando multiplexación de sub-bandas. Los grupos de sub-bandas se forman de tal manera que el número de sub-bandas en cada grupo es mayor que la dispersión máxima esperada del retardo del sistema. La dispersión del retardo para un receptor dado es la diferencia entre las primeras réplicas de la señal y la última que llegan al receptor para una señal transmitida por un transmisor. La dispersión de retardo ( $L$ ) del sistema es la dispersión de retardo del peor caso esperado para todos los receptores en el sistema, que pueden estar dispersos por toda la zona de cobertura del sistema. Para luchar eficazmente contra la ISI, el prefijo cíclico debe ser más largo que la dispersión de retardo del sistema (es decir,  $C > L$ , donde se indica la dispersión de retardo  $L$  en unidades de períodos de muestra). El número de sub-bandas en cada grupo puede entonces ser seleccionado para ser mayor que o igual al número de muestras para el prefijo cíclico (es decir,  $S \geq C$ ).

15 La derivación de estimaciones de canal para todas las  $M$  sub-bandas utilizables en base a la transmisión de pilotos en un subconjunto de estas  $M$  sub-bandas se describe en detalle en la Solicitud de Patente de Estados Unidos con número de serie [N° de Expediente de abogado 020718], titulada "Channel Estimation for OFDM Communication Systems" presentada el 10 de enero de 2003 y Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos con número de serie 60/427.896, titulada "Reduced Complexity Channel Estimation for Wireless Communication Systems" presentada el 19 de noviembre de 2002, ambas cedidas al titular de la presente solicitud.

25 Para mejorar el rendimiento, la potencia de transmisión por sub-banda asignada para cada una de las  $T$  antenas puede ser incrementada en un factor  $T$ . Para cada antena, a continuación, daría lugar a que la energía total de la transmisión de pilotos en las  $S$  sub-bandas asignadas sea la misma que si todas las  $M$  sub-bandas utilizables se utilizaran para la transmisión de piloto. La potencia de transmisión más alta por sub-banda permitiría que el receptor obtener estimaciones de canal de una mayor calidad.

30 Si el número de sub-bandas asignadas a cada antena es igual o mayor que la dispersión del retardo del sistema (es decir,  $S \geq L$ ), entonces las ganancias de canal para todas las  $M$  sub-bandas utilizables para la antena se puede estimar sobre la base de la transmisión de piloto sobre sólo las  $S$  sub-bandas asignadas a la antena. Por otra parte, si la potencia de transmisión para cada una de las  $S$  sub-bandas asignadas a cada antena se incrementa en un factor  $T$ , entonces la calidad de las estimaciones de canal obtenidas sobre la base de la transmisión de piloto sólo en las  $S$  sub-bandas sería aproximadamente la misma que la de las estimaciones de canal obtenidas sobre la base de las transmisiones de pilotos sobre todas las  $M$  sub-bandas utilizables con la misma cantidad de potencia de transmisión. Esto es, al mantener la misma potencia total de piloto, el receptor sería capaz de estimar las ganancias de canal para todas las  $M$  sub-bandas utilizables en base a la transmisión de pilotos en sólo un subconjunto de estas sub-bandas con poca o ninguna pérdida en la calidad.

40 El primer esquema de transmisión pilotos permite a todas las  $T$  antenas transmitir pilotos simultáneamente. Para obtener estimaciones de canal de calidad comparable, un esquema convencional que transmite pilotos sobre todas las  $M$  sub-bandas utilizables simultáneamente desde todas las  $T$  antenas requeriría una duración de la transmisión aproximadamente  $T$  veces más larga que la requerida por el primer esquema de transmisión pilotos. Por ejemplo, si se necesitan  $N_P \cdot T$  símbolos piloto OFDM para obtener estimaciones de canal de una calidad determinada utilizando el esquema convencional, entonces pueden obtenerse estimaciones de canal de calidad comparable en base a  $N_P$  símbolos piloto OFDM transmitidos por  $T$  antenas. Esto supone que (1) a cada antena se le asigna un número suficiente de sub-bandas, que es igual a o mayor que el prefijo cíclico, y (2) se utiliza una escala de potencia tal que la potencia de transmisión total disponible para cada antena se utiliza para la transmisión de pilotos en las sub-bandas asignadas. El escalado de potencia se describe en la antes mencionada Solicitud de Patente de Estados Unidos número de serie [N° de Expediente de abogado 020718]. Así, el primer esquema de transmisión pilotos puede reducir la sobrecarga de pilotos hasta un factor  $T$ , que es el número de antenas de transmisión.

55 En un segundo esquema de transmisión de pilotos, el piloto se transmite simultáneamente desde las  $T$  antenas usando multiplexación de sub-bandas y permutación de sub-bandas. El piloto puede necesitar ser transmitido a través de múltiples períodos de símbolo OFDM. Este puede ser el caso, por ejemplo, si el piloto necesita ser promediado a lo largo de un período de tiempo para obtener una estimación razonablemente precisa de las ganancias de canal. En este caso, se puede obtener una mejora adicional en las estimaciones de canal mediante la asignación de múltiples grupos de sub-bandas a cada antena para la transmisión de pilotos.

60 La Figura 2B muestra una transmisión piloto de ejemplo de las  $T$  antenas usando multiplexación de sub-bandas y permutación de sub-bandas. Para este ejemplo, la transmisión de piloto se produce más de dos períodos de símbolos OFDM. A cada una de las  $T$  antenas se les asignan dos grupos de sub-bandas (por ejemplo, los grupos  $i$  y  $T/2 + i$  se asignan a la antena  $i$ -ésima), con cada grupo que contiene las sub-bandas mostradas por las cajas sombreadas. Los dos grupos asignados a cada antena pueden ser seleccionados de tal manera que las sub-bandas en estos grupos estén separadas  $T/2$  sub-bandas. Por otra parte, los grupos se asignan a las  $T$  antenas tal que, para cada período de símbolo OFDM, los grupos disjuntos son utilizados por las  $T$  antenas para la transmisión de pilotos. Un grupo de sub-bandas dado puede ser asignado a múltiples antenas (por ejemplo, el grupo de sub-bandas 1

puede ser asignado a las antenas 1 y  $T/2 + 1$ ), pero estas antenas usaría este grupo de sub-bandas en diferentes periodos de símbolo.

En la Figura 2B, los grupos de sub-bandas 1 y  $T/2 + 1$  se asignan a la antena 1, los grupos de sub-bandas 2 y  $T/2 + 2$  se asignan a la antena 2, y así sucesivamente, y el grupo de sub-bandas  $T$  y  $T/2$  se asignan a la antena  $T$ . Para el primer período de símbolos OFDM, el grupo de sub-bandas 1 se utiliza para la antena 1, el grupo de sub-bandas 2 se utiliza para la antena 2, y así sucesivamente, y el grupo de sub-bandas  $T$  se utiliza para la antena  $T$ . Para el segundo periodo de símbolo OFDM, el grupo sub-bandas  $T/2 + 1$  se utiliza para la antena 1, el grupo de sub-bandas  $T/2 + 2$  se utiliza para la antena 2, y así sucesivamente, y el grupo de sub-banda  $T/2$  se utiliza para la antena  $T$ .

Las ganancias de canal para cada una de las  $T$  antenas pueden entonces estimarse en base a las transmisiones piloto recibidas en dos grupos de sub-bandas. Con permutación de sub-bandas, el número total de sub-bandas utilizadas para cada antena  $2S$  en lugar de  $S$ , y pueden obtenerse mejores estimaciones de canal para todas las  $M$  sub-bandas utilizables debido al mayor número de sub-bandas utilizadas para la transmisión de pilotos.

Por simplicidad, la Figura 2B muestra la multiplexación y permutación de sub-bandas para una transmisión de piloto de ejemplo que se produce en más de dos períodos de símbolos OFDM. En general, la transmisión de pilotos puede ocurrir durante  $Q$  periodos de símbolo OFDM, donde  $Q$  puede ser cualquier número entero uno o mayor. Cada antena puede entonces asignar  $Q$  grupos de sub-bandas, incluyendo cada grupo  $S$  sub-bandas. A cada antena se le asignarían un total de  $S \cdot Q$  sub-bandas que pueden estar igualmente espaciadas  $T/Q$  sub-bandas. Si  $Q \geq 2$ , entonces para cada antena, las sub-bandas en cada uno de los  $Q$  grupos puede "entrelazarse" con las sub-bandas en los otros  $Q - 1$  grupos. El entrelazado puede ser tal que cada  $Q$  sub-bandas consecutivas asignadas a una antena dada se incluyen en los  $Q$  grupos asignados a la antena. Los  $Q$  grupos de sub-bandas asignados a cada antena se utilizan para  $Q$  periodos de símbolo OFDM, utilizándose uno diferente de los  $Q$  grupos para cada periodo de símbolo. Para cada período de símbolo, las  $T$  antenas transmitirán simultáneamente el piloto usando  $T$  grupos disjuntos de sub-bandas.

Los esquemas de transmisión que se muestran en las Figuras 2A y 2B se pueden utilizar para la transmisión de datos, así como para la transmisión de pilotos. Sin embargo, para la transmisión de datos, a menudo es deseable transmitir datos desde múltiples antenas (en lugar de una sola antena) para cada una de las  $M$  sub-bandas utilizables. El uso de múltiples antenas para cada sub-banda proporciona diversidad de transmisión, que puede aumentar el orden de diversidad de la detección de la señal en el receptor. La diversidad de transmisión puede mejorar la fiabilidad y la robustez de la transmisión de datos, lo que resulta en una tasa de error inferior y/o una mayor resistencia a las pérdidas de trayectoria.

La diversidad de transmisión puede conseguirse con diversos esquemas de diversidad. Algunos ejemplos de tales esquemas de diversidad incluyen un esquema de diversidad de transmisión espacio-tiempo (STTD) y un esquema Walsh-STTD. Para el esquema STTD, un único flujo de datos puede ser procesado para proporcionar dos flujos de símbolos que pueden transmitirse desde dos antenas (o dos conjuntos de antenas con multiplexación de sub-bandas). Para el esquema Walsh-STTD, un único flujo de datos puede ser procesado para proporcionar  $W$  flujos de símbolo que pueden ser transmitidos desde  $W$  antenas (o  $W$  conjuntos de antenas con multiplexación de sub-bandas), donde  $W$  es dos veces la longitud de un código ortogonal (por ejemplo, código Walsh) que se utiliza para el procesamiento Walsh-STTD. Estos dos esquemas de diversidad se describen en detalle a continuación.

Para el esquema STTD, si varios pares de antenas están disponibles, entonces simplemente se transmite el mismo par de flujos de símbolos de cada par de antenas, lo que puede resultar en la cancelación de la señal en el receptor. No se obtendría entonces una mejora de la fiabilidad a través de la simple transmisión de datos de forma redundante desde todas las antenas.

En un primer esquema de transmisión de datos, los datos se transmiten simultáneamente desde pares de antenas, utilizando multiplexación de sub-bandas. Este esquema de transmisión se puede utilizar para el esquema de STTD y esquemas de diversidad equivalentes. Para este esquema de transmisión de datos, las  $M$  sub-bandas utilizables están dispuestas inicialmente para formar  $T/2$  grupos disjuntos de sub-bandas, con cada sub-banda utilizable asignada a un solo grupo. Los  $T/2$  grupos pueden incluir el mismo o diferente número de sub-bandas. Las sub-bandas en cada grupo pueden estar uniforme o no uniformemente distribuidas a través de las  $M$  sub-bandas utilizables. Las  $M$  sub-bandas utilizables puede por lo tanto ser asignadas a los  $T/2$  grupos de varias maneras y esto entra dentro del alcance de la invención. En una forma de realización que se describe a continuación, cada grupo incluye  $2S$  sub-bandas que se distribuyen uniformemente de tal manera que las sub-bandas consecutivas en el grupo estén separadas por  $T/2$  sub-bandas. Los  $T/2$  grupos de sub-bandas se asignan a  $T/2$  pares de antenas, un grupo de sub-banda a cada par de antenas.

La Figura 3A muestra una transmisión de datos de ejemplo de las  $T$  antenas usando multiplexación de sub-bandas y diversidad de transmisión. Las  $T$  antenas están dispuestas en  $T/2$  pares, donde el  $i$ -ésimo par incluye dos antenas que se indican como  $A_i$  y  $B_i$ . A cada uno de los  $T/2$  pares de antenas se les asigna un grupo respectivo de sub-bandas, donde se pueden formar los  $T/2$  grupos de sub-bandas tal y como se describe anteriormente. En la Figura 3A, el grupo de sub-bandas 1 se asigna al par 1 que se compone de las antenas  $A_1$  y  $B_1$ , el grupo de sub-bandas 2

se asigna al par 2 que se compone de las antenas A2 y B2, y así sucesivamente, y el grupo de sub-bandas T/2 se asigna al par T/2 que se compone de las antenas At y Bt (donde  $t = T/2$ ). Los datos pueden ser transmitidos desde cada par de antenas en las sub-bandas asignadas a ese par de antenas.

5 El esquema STTD se puede utilizar para proporcionar un par de flujos de símbolos, que puede ser demultiplexado para proporcionar un par de sub-flujos de símbolos para cada par de antenas. Los T/2 pares de sub-flujos de símbolos de este modo pueden ser generados por el esquema de STTD para los T/2 pares de antenas. El sub-flujo de símbolos para cada antena incluiría, para cada periodo de símbolo OFDM, un símbolo de datos para cada una de las sub-bandas asignadas a la antena y un valor de señal cero para cada una de las sub-bandas restantes. Como se muestra en la Figura 3A, el par de sub-flujos de símbolos para el par de antenas 1 se transmiten en el grupo de sub-bandas 1, el par de sub-flujos de símbolos para el par de antenas 2 se transmiten en el grupo de sub-bandas 2, y así sucesivamente, y el par de sub-flujos de símbolos para el par de antenas T/2 se transmiten en el grupo de sub-bandas T/2. Aunque estos T/2 pares de sub-flujos de símbolos se transmiten simultáneamente desde los T/2 pares de antenas, no interfieren unos con otros, ya que se transmiten en grupos disjuntos de sub-bandas. De este modo, se evitan los efectos deletéreos debidos a la interferencia destructiva entre las transmisiones de diferentes pares de antenas.

Para mejorar el rendimiento, cada sub-flujo de símbolos puede ser transmitido desde la antena asociada con la potencia de transmisión total  $P_{ant}$  disponible para esa antena. Dado que sólo 2S de las M sub-bandas utilizables se utilizan para cada una de las T antenas (donde  $S = M/T$  para simplificar), la potencia de transmisión para cada una de las 2S sub-bandas asignadas a cada antena puede aumentarse en un factor T/2. Esto permitiría lograr una SNR recibida más alta para cada una de las sub-bandas 2S asignadas a cada antena. Cuanto mayor SNR recibida para cada sub-banda, se puede dar soporte a una velocidad de datos más alta, mejorando entonces el rendimiento general del sistema.

La Figura 3A muestra una asignación de ejemplo de las M sub-bandas utilizables a las T antenas. Las sub-bandas utilizables también pueden ser asignadas a las T antenas de varias otras maneras y esto entra dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, las sub-bandas pueden ser asignadas a las antenas de tal manera que se utilizan diferentes pares de antenas para la transmisión de datos. Esto puede proporcionar una diversidad adicional.

La Figura 3B muestra una transmisión de datos de ejemplo de las T antenas usando multiplexación de sub-bandas y diferentes pares de antenas para diversidad de transmisión. Por simplicidad, la descripción de la Figura 3B supone que se utilizan  $T = 4$  antenas para la transmisión de datos. Se pueden formar seis pares de antenas diferentes con cuatro antenas, y estas parejas de antenas se indican como {1,2}, {3,4}, {1,3}, {2,4}, {1,4} y {2,3}.

Las M sub-bandas utilizables se pueden dividir inicialmente en M/6 conjuntos, incluyendo cada conjunto 6 sub-bandas. Los 6 sub-bandas en cada conjunto pueden entonces ser asignadas a los 6 pares de antenas diferentes, una sub-banda a cada par. En la Figura 3B, la primera sub-banda en cada conjunto se asigna al par de antenas {1,2}, la segunda sub-banda en cada conjunto se asigna al par de antenas {3,4}, y así sucesivamente, y la última sub-banda en cada conjunto se asigna al par de antenas {2,3}.

El flujo de datos que se transmite desde las cuatro antenas pueden ser procesados utilizando el esquema de STTD para obtener dos flujos de símbolos. El primer flujo de símbolos se puede transmitir desde la primera antena o izquierda en el par 6, y el segundo flujo de símbolos se puede transmitir desde la segunda antena o derecha en el par 6. Los primer y segundo flujos de símbolos pueden ser entonces demultiplexados para formar cuatro sub-flujos de símbolos, un sub-flujo para cada una de las cuatro antenas. Cada sub-flujo de símbolos incluye un símbolo de datos para cada una de las sub-bandas asignadas a la antena asociada y un valor de señal cero para cada una de las sub-bandas no asignadas.

Los cuatro sub-flujos de símbolos pueden transmitirse simultáneamente desde las cuatro antenas. Sin embargo, estos sub-flujos de símbolos no interfieren entre sí debido a que se transmiten en cuatro grupos disjuntos de sub-bandas. Los grupos de sub-bandas son disjuntos, ya que cada una de las M sub-bandas utilizables se asigna a un único par de antenas, tal y como se muestra en la Figura 3B.

En un segundo esquema de transmisión de datos, los datos se transmiten desde los W grupos de antenas utilizando multiplexación de sub-bandas, donde W puede ser cualquier número entero uno o mayor. Este esquema de transmisión se puede utilizar para el esquema Walsh-STTD y otros esquemas de diversidad. Para este esquema de transmisión de datos, las M sub-bandas utilizables están dispuestas inicialmente para formar T/W grupos disjuntos de sub-bandas, con cada sub-banda asignada a un solo grupo. Los T/W grupos pueden incluir el mismo o un número diferente de sub-bandas. Las sub-bandas en cada grupo pueden estar uniforme o no uniformemente distribuidas a lo largo de las M sub-bandas utilizables. En una realización que se describe a continuación, cada grupo incluye  $S \cdot W$  sub-bandas (donde  $S = M/T$ ) que se distribuyen de manera uniforme de modo que las sub-bandas consecutivas en el grupo están separadas por T/W sub-bandas. Para  $W > 1$ , este segundo esquema de transmisión con más sub-bandas permite asignar a cada antena el primer esquema de transmisión descrito anteriormente. Más sub-bandas por antena puede ser ventajoso para algunas aplicaciones. Los T grupos de W sub-bandas se asignan a W/T grupos de antenas, un grupo de sub-bandas a cada grupo de antenas, donde cada grupo

de antenas incluye  $W$  antenas. Los datos pueden ser transmitidos desde cada antena en las sub-bandas asignadas a la antena.

5 La Figura 3C muestra una transmisión de datos de ejemplo de los  $W$  grupos de antenas utilizando multiplexación de sub-bandas. Las  $T$  antenas se organizan en  $T/W$  grupos, en donde el grupo  $i$ ésimo incluye  $W$  antenas que se designan como  $A_i, B_i$ , hasta  $W_i$ . A cada uno de los grupos de antenas  $W/T$  se le asigna un grupo respectivo de sub-bandas, donde se pueden formar los  $W/T$  grupos de sub-bandas, tal y como se ha descrito anteriormente.

10 Un único flujo de datos puede ser procesado usando el esquema Walsh-STTD para proporcionar  $W$  flujos de símbolos, donde  $W$  es dos veces la longitud de una secuencia ortogonal (por ejemplo, una secuencia de Walsh) que se utiliza para el procesamiento. Los  $W$  flujos de símbolos pueden ser demultiplexados para proporcionar  $W/T$  grupos de sub-flujos de símbolos, incluyendo cada grupo  $W$  sub-flujos de símbolos. Los  $T/W$  grupos incluirían entonces colectivamente  $T$  sub-flujos de símbolos. Un grupo de sub-flujos de símbolos se proporciona a cada grupo de antenas, y cada antena se proporciona con un sub-flujo de símbolos respectivo. El sub-flujo de símbolos para cada antena incluiría, para cada periodo de símbolo OFDM, un símbolo de datos para cada una de las sub-bandas asignadas a la antena y un valor de señal cero para cada una de las sub-bandas restantes. Los  $T$  sub-flujos de símbolos se transmiten simultáneamente desde las  $T$  antenas. Sin embargo, estos sub-flujos de símbolos no interfieren entre sí debido a que se transmiten en grupos disjuntos de sub-bandas, ya que cada sub-banda se asigna a un solo grupo.

20 Las Figuras 2A y 2B y 3A a 3C muestran algunos esquemas de multiplexación de sub-bandas a modo de ejemplo que pueden utilizarse para la transmisión de pilotos y de datos. Muchos otros esquemas de multiplexación de sub-bandas pueden ser también dispositivos para el uso, y esto entra dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, tanto pilotos como datos pueden ser transmitidos en un periodo de símbolo OFDM. En este caso, algunas de las  $M$  sub-bandas utilizables puede utilizarse para la transmisión de pilotos y las sub-bandas utilizables restantes pueden ser utilizadas para la transmisión de datos. Las sub-bandas piloto pueden ser multiplexadas, por ejemplo, tal y como se muestra en las Figuras 2A o 2B. Las sub-bandas de datos pueden ser multiplexadas, por ejemplo, tal y como se muestra en la Figuras 3A, 3B o 3C.

30 La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de una realización de un proceso 400 para la transmisión de pilotos y/o datos utilizando multiplexación de sub-bandas. Inicialmente, las  $M$  sub-bandas utilizables están dispuestas para formar múltiples grupos de sub-bandas, donde cada grupo incluye un subconjunto diferente de  $M$  sub-bandas utilizables (paso 412). Los grupos de sub-bandas pueden estar formados como se ha descrito anteriormente.

35 A cada una de las  $T$  antenas, se le asignan entonces uno o posiblemente más grupos de sub-bandas para la transmisión de pilotos y de datos (etapa 414). Los grupos de sub-bandas utilizadas para la transmisión de pilotos pueden ser iguales o diferentes de los grupos de sub-bandas utilizadas para la transmisión de datos. Para la transmisión de pilotos, a cada antena se le puede asignar un grupo diferente de sub-bandas (tal y como se describe anteriormente para la Figura 2A). Alternativamente, a cada antena se le pueden asignar dos o más grupos de sub-bandas para la permutación de sub-bandas (tal y como se describe para la Figura 2B). Para la transmisión de datos, a cada par de antenas se le puede asignar un grupo diferente de sub-bandas (tal y como se describe para la Figura 3A), a cada antena se le puede asignar un grupo diferente de sub-bandas (tal y como se describe para la Figura 3B), a cada grupo de  $W$  antenas se puede asignar un grupo diferente de sub-bandas (tal y como se describe para la Figura 3C) y así sucesivamente.

45 Entonces se procesan los pilotos y/o datos a transmitir (paso 416). Por ejemplo, los datos pueden ser procesados utilizando codificación STTD, codificación de Walsh-STTD o algún otro tipo de codificación. Se determina también la cantidad de potencia de transmisión a utilizar para cada sub-banda asignada a cada una de las  $T$  antenas (paso 418). En particular, la potencia de transmisión para cada sub-banda asignada puede hacerse a escala mayor que una potencia media que se utilizaría si la transmisión se produjese en todas las  $M$  sub-bandas utilizables. El factor de escala depende del número de sub-bandas asignadas a cada antena y del número de sub-bandas utilizables.

50 Se transmiten entonces el piloto y/o datos desde las  $T$  antenas usando simultáneamente los múltiples grupos de sub-bandas y con la potencia de transmisión determinada (paso 420). La transmisión desde cada antena se produce sólo en el grupo (o grupos) de sub-bandas asignadas a la antena. Para la transmisión de pilotos, normalmente sólo se utiliza una de las  $T$  antenas en cualquier periodo de símbolo dado para cada una de las  $M$  sub-bandas utilizables. Para la transmisión de datos, un grupo particular de dos (o posiblemente más) antenas se utiliza típicamente para cada una de las  $M$  sub-bandas utilizables.

60 La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una realización de una unidad transmisora 500 y dos unidades de receptor 550x y 550y en un sistema de comunicación de múltiples antenas con la modulación de múltiples portadoras (por ejemplo, OFDM). La unidad transmisora 500 está equipada con  $T$  antenas, la unidad receptora 550x está equipada con una única antena y la unidad receptora 550y está equipado con  $R$  antenas.

65 En la unidad transmisora 500, un procesador de datos de transmisión (TX) 510 recibe datos de tráfico desde un origen de datos 508 y otros datos desde un controlador 530. El procesador de datos TX 510 codifica, intercala y



modula los datos para proporcionar símbolos de modulación, que también se denominan símbolos de datos. Un procesador espacial TX 520 recibe y multiplexa los símbolos de datos con símbolos piloto (por ejemplo, utilizando multiplexación por división del tiempo o multiplexación de sub-bandas) y puede llevar a cabo un procesamiento espacial para la transmisión de datos. Por ejemplo, el procesador espacial TX 520 puede implementar el esquema STTD, el esquema Walsh-STTD o algún otro esquema. El procesador espacial TX 520 proporciona un flujo de símbolos de transmisión para cada una de las T antenas. (Un flujo de símbolos de transmisión se conoce como un sub-flujo de símbolos en la descripción anterior) Cada modulador (MOD) 522 recibe y procesa un respectivo flujo de símbolos de transmisión para proporcionar una frecuencia de radio correspondiente (RF) de la señal modulada. Las señales moduladas RF T se generan mediante T moduladores 522a hasta 522t y se transmiten desde T antenas 524a hasta 524t, respectivamente.

En cada unidad de recepción 550, las señales de RF moduladas transmitidas son recibidas por una o más antenas 552 y cada antenna proporciona una señal recibida a un demodulador respectivo (DEMODO) 554. Cada demodulador 554 lleva a cabo el procesamiento complementario al llevado a cabo por el modulador 522 y proporciona símbolos recibidos. Una procesador espacial de recepción (RX) 560 lleva a cabo entonces procesamiento espacial sobre los símbolos recibidos de todos los demoduladores 554 para proporcionar símbolos recuperados, que son estimaciones de los símbolos de datos enviados por la unidad de transmisión. Un procesador de datos RX 570 procesa (por ejemplo, demodula, desintercala y decodifica) los símbolos recuperados para proporcionar datos, que se pueden proporcionar a un sumidero de datos 572 para su almacenamiento y/o un controlador 580 para procesamiento adicional. El procesador espacial RX 560 puede también estimar las ganancias de canal en base al piloto recibido y puede proporcionar estimaciones de canal (denotadas como una matriz de respuesta de canal  $\hat{H}$ ) al controlador 580.

Los controladores 530 y 580 de control de la operación de diversas unidades de procesamiento dentro de la unidad transmisora y la unidad receptora, respectivamente. Las unidades de memoria 532 y 582 almacenan los datos y códigos de programa utilizados por los controladores 530 y 580, respectivamente.

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques de un procesador espacial de TX 520a, que implementa el esquema de STTD y es una realización del procesador espacial TX 520 en la Figura 5. Los símbolos de datos  $s(n)$  del procesador de datos TX 510 se proporcionan a un demultiplexor 610, que demultiplexa los símbolos de datos en  $2M$  sub-flujos de símbolos de datos (denotados como  $s_{k,1}(n)$  y  $s_{k,2}(n)$ , para  $k \in \{1 \dots M\}$ ), un par de sub-flujos de símbolos de datos para cada una de las  $M$  sub-bandas utilizables. Cada sub-flujo de símbolos de datos incluye un símbolo de datos para cada intervalo de dos períodos de símbolos OFDM. Los  $M$  pares de sub-flujos de símbolos de datos de las  $M$  sub-bandas utilizables se proporcionan a  $M$  codificadores de espacio-tiempo 620a hasta 620m.

Cada codificador espacio-tiempo 620 recibe y procesa su par de símbolos de datos para proporcionar dos sub-flujos de símbolos codificados de espacio-tiempo para la sub-banda asociada. Para cada par de símbolos de datos (por ejemplo,  $s_{k,1}$  y  $s_{k,2}$ ) en los dos sub-flujos de entrada, el codificador de espacio-tiempo 620 proporciona dos vectores  $\underline{x}_{k,1}$  y  $\underline{x}_{k,2}$  con cada vector incluyendo dos símbolos codificados de espacio-tiempo (o simplemente símbolos codificados) que se van a transmitir secuencialmente en dos períodos de símbolo OFDM desde una antena asociada. En particular, el vector  $\underline{x}_{k,1}$ , se transmite en la  $k$ -ésima sub-banda desde una antena y el vector  $\underline{x}_{k,2}$  se transmite en la  $k$ -ésima sub-banda de otra antena. En una realización, los vectores se definen como

$\underline{x}_{k,1} = [s_{k,1} \quad s_{k,2}^*]^T$  y  $\underline{x}_{k,2} = [s_{k,2} \quad -s_{k,1}^*]^T$  como se muestra en la Figura 6. En otra realización, los vectores se definen como  $\underline{x}_{k,1} = [s_{k,1} \quad s_{k,2}]^T$  y  $\underline{x}_{k,2} = [-s_{k,2}^* \quad s_{k,1}^*]^T$

Los dos símbolos codificados en cada vector tienen la misma magnitud que los símbolos de datos, pero pueden estar rotados en fase. Cada codificador espacio-tiempo 620 ofrece dos sub-flujos de símbolos codificados a dos multiplexores/demultiplexores 630a y 630b.

Cada multiplexor/demultiplexor 630 recibe  $M$  símbolos piloto y  $M$  símbolo codificado sub-flujos de codificadores de espacio-tiempo 620a hasta 620m, multiplexa los símbolos codificados y los símbolos de piloto en base a un esquema/transmisión de pilotos de datos en particular, y proporciona  $T/2$  flujos de símbolos de transmisión a  $T/2$  antenas. Cada flujo de símbolos de transmisión incluye símbolos de piloto durante la transmisión de pilotos y símbolos codificados durante la transmisión de datos, donde el piloto y los símbolos codificados se envían en las sub-bandas asignadas a la antena utilizada para transmitir ese flujo.

Durante la transmisión piloto, multiplexores/demultiplexores 630a y 630b proporcionan colectivamente  $T$  flujos e símbolos de transmisión para las  $T$  antenas. Cada flujo de símbolos de transmisión incluye símbolos de piloto para las sub-bandas asignadas a la antena asociada y valores de señal cero para las sub-bandas no asignadas. Para el esquema de transmisión que se muestra en la Figura 2A, el flujo  $x_{A1}(n)$  incluiría símbolos de piloto para las sub-bandas en el grupo 1, el flujo  $x_{A2}(n)$  incluiría símbolos de piloto para las sub-bandas en el grupo 2, y así sucesivamente, y el flujo  $x_{AT}(n)$  incluiría símbolos piloto para las sub-bandas en grupo  $T$ .

Durante la transmisión de datos, multiplexores/demultiplexores 630a y 630b proporcionan cada  $T/2$  flujos de símbolos de transmisión para  $T/2$  antenas, donde cada flujo incluye símbolos para las sub-bandas asignadas a la

antena asociada y valores de señal cero para las sub-bandas asignadas codificadas. Para el esquema de transmisión que se muestra en la Figura 3A, los flujos  $x_{A1}(n)$  Y  $x_{B1}(n)$  incluirían símbolos codificados para las sub-bandas en el grupo 1, los flujos  $x_{A2}(n)$  Y  $x_{B2}(n)$  incluirían símbolos codificados para las sub-bandas en el grupo 2, y así sucesivamente, y los flujos  $x_{A1}(n)$  y  $x_{B1}(n)$  incluirían símbolos codificados para las sub-bandas en el grupo T/2.

5 Cada modulador 522 procesa un respectivo flujo de símbolos de transmisión de la manera descrita a continuación para proporcionar una señal modulada de RF para una antena asociada.

10 El esquema de STTD es descrito con más detalle por SM Alamouti en un documento titulado "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications" IEEE Journal on Selected Areas on Communications, vol. 16, N°8, octubre de 1998, páginas 1451-1458, el cual se incorpora aquí como referencia. El esquema de STTD también se describe en la solicitud de patente estadounidense 10/179.439, titulada "Diversity Transmission Modes for MIMO OFDM Communication System", presentada el 24 de junio de 2002, asignada al titular de la presente solicitud e incorporada aquí como referencia.

15 El esquema Walsh-STTD emplea una combinación de (1) STTD para conseguir ortogonalidad en un par de antenas y (2) diversidad Walsh para lograr ortogonalidad a lo largo de múltiples pares de antenas. El esquema Walsh-STTD puede ser utilizado en sistemas con más de dos antenas (por ejemplo, 4, 6, 8 y así sucesivamente).

20 La Figura 7A muestra un diagrama de bloques de un procesador espacial de TX 520b, que implementa el esquema Walsh-STTD y es otra realización del procesador espacial TX 520 en la Figura 5. En esta realización, secuencias Walsh de 2 chips se utilizan para el procesamiento y  $W = 4$ . Los símbolos de datos  $s(n)$  se proporcionan a un demultiplexor 710, que demultiplexa los símbolos en  $4M$  sub-flujos de símbolos de datos (denotados como  $s_{k,1}(n)$  hasta  $s_{k,4}(n)$ , Por  $k \in \{1...M\}$ ), un conjunto de cuatro sub-flujos para cada una de las  $M$  sub-bandas utilizables. Los  $M$  conjuntos de sub-flujos de símbolos de datos de las  $M$  sub-bandas utilizables se proporcionan a los  $M$  codificadores Walsh-STTD 720a hasta 720m.

30 Cada codificador Walsh-STTD 720 recibe y procesa su conjunto de cuatro sub-flujos de símbolos de datos,  $s_{k,1}(n)$  hasta  $s_{k,4}(n)$  y proporciona cuatro sub-flujos de símbolos codificados Walsh-STTD,  $z_{k,1}(n)$  hasta  $z_{k,4}(n)$ , a cuatro multiplexores/demultiplexores 730a hasta 730d. El procesamiento por el codificador 720 se describe a continuación. Cada multiplexor/demultiplexor 730 recibe símbolos piloto y  $M$  sub-flujos de símbolos codificados de  $M$  codificadores Walsh-STTD 720a hasta 720m, multiplexa los símbolos codificados y los símbolos piloto en base a un esquema/transmisión de en particular de pilotos/datos, y ofrece T/4 secuencias de símbolos de transmisión para T/4 antenas. Cada flujo de símbolos de transmisión incluye símbolos de piloto/codificados para las sub-bandas asignadas a la antena utilizada para transmitir ese flujo.

40 La Figura 7B muestra un diagrama de bloques de un codificador Walsh-STTD 720x, que puede utilizarse para cada uno de los codificadores 720a hasta 720m en la Figura 7A. Dentro del codificador Walsh-STTD 720x, un codificador espacio-tiempo 722a recibe el primer par de sub-flujos de símbolos de datos,  $s_{k,1}$  y  $s_{k,2}$ , y un codificador espacio-tiempo 722b recibe el segundo par de sub-flujos de símbolos de datos,  $s_{k,3}$  y  $s_{k,4}$ . Para cada par de símbolos de datos en los dos sub-flujos en el primer par, el codificador espacio-tiempo 722a proporciona dos vectores  $\underline{x}_{k,1} = [s_{k,1} \quad s_{k,2}^*]^T$  y  $\underline{x}_{k,2} = [s_{k,2} \quad -s_{k,1}^*]^T$  a los multiplicadores 724a y 724b, respectivamente. Del mismo modo, para cada par de símbolos de datos en las dos sub-flujos en el segundo par, el codificador espacio-tiempo 722b proporciona dos vectores  $\underline{x}_{k,3} = [s_{k,3} \quad s_{k,4}^*]^T$  y  $\underline{x}_{k,4} = [s_{k,4} \quad -s_{k,3}^*]^T$  a los multiplicadores 724c y 724d, respectivamente.

50 Los multiplicadores 724a y 724b reciben también cada uno una primera secuencia Walsh de 2 chips  $W1^2 = [0 \ 1]$ , y los multiplicadores 724c y 724d reciben también cada uno una segunda secuencia Walsh de 2 chips  $W2^2 = [1 \ 0]$ . Cada multiplicador 724 multiplica entonces cada símbolo en su vector  $\underline{x}_{k,i}$  con su secuencia Walsh para proporcionar dos símbolos codificados Walsh-STTD a transmitir secuencialmente en dos periodos de símbolos OFDM consecutivos en la  $k$ -ésima sub-flujos sub-banda de la antena asociada. Los cuatro multiplicadores 724a hasta 724d proporcionan cuatro símbolos codificados a cuatro multiplexores/demultiplexores 730a hasta 730d, respectivamente.

55 El esquema Walsh-STTD también puede implementarse de tal manera que sólo un par de sub-flujos de símbolos de datos,  $s_{k,1}$  y  $s_{k,2}$ , se proporcionan a cada codificador Walsh-STTD 720 y son procesados para proporcionar cuatro sub-flujos de símbolos codificados,  $z_{k,1}(n)$  hasta  $z_{k,4}(n)$ . Esto puede ser utilizado para lograr una mayor diversidad a expensas de una velocidad de datos inferior. El esquema Walsh-STTD también se describe en más detalle en la anteriormente mencionada Solicitud de Patente de Estados Unidos con número de serie 10/179.439.

60 La Figura 8 muestra un diagrama de bloques de una realización de un modulador OFDM 522x, que puede utilizarse para cada uno de los T moduladores 522a hasta 522t en la Figura 5. Dentro del modulador OFDM 522x, una unidad de transformada inversa rápida de Fourier (IFFT) 812 recibe un flujo de símbolos de transmisión,  $X_i(n)$ , para la  $i$ -ésima antena y convierte cada secuencia de  $N$  símbolos de transmisión en un símbolo transformado el dominio del tiempo usando una transformada rápida de Fourier inversa de  $N$ -puntos, donde  $N$  corresponde al número total de

sub-bandas. Cada secuencia de N símbolos de transmisión incluye símbolos de datos/piloto para las sub-bandas asignadas a la antena i-ésima y valores de señal cero para las sub-bandas sin asignar. Cada símbolo transformado comprende N muestras en el dominio de tiempo. Para cada símbolo transformado, un generador de prefijo cíclico 814 repite una parte (o C muestras) del símbolo transformado para formar un símbolo OFDM correspondiente compuesto de N + C muestras. Un transmisor (TMTR) 816 recibe y convierte el flujo de símbolos OFDM desde el generador 814 en una o más señales analógicas y, además, amplifica, filtra, y convierte ascendentemente la frecuencia de la(s) señal(es) analógica(s) para generar una señal de RF modulada para la i-ésima antena.

Los esquemas de transmisión de pilotos y datos que se describen en este documento pueden ser implementados por diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, software o en una combinación de los mismos. Para una implementación hardware, los elementos utilizados para llevar a cabo el procesamiento en las unidades transmisora y receptora podrán aplicarse 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 (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, 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, el procesamiento en las unidades transmisora y receptora para los esquemas de transmisión descritos en este documento puede implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones y así sucesivamente) que llevan a cabo las funciones descritas en el presente documento. Los códigos de software pueden almacenarse en unidades de memoria (por ejemplo, las unidades de memoria 532 y 582 en la Figura 5) y ser ejecutados por procesadores (por ejemplo, los controladores 530 y 580). Las unidades de memoria pueden implementarse dentro o ser externas a los procesadores, en cuyo caso se pueden acoplar comunicativamente a los procesadores a través de diversos medios, tal y como es conocido en la técnica.

La descripción anterior de las realizaciones divulgadas se proporciona para permitir a cualquier persona experta en la técnica llevar a cabo o utilizar 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.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de transmisión en un sistema de comunicación de múltiples antenas, que comprende:
- 10 formar (412) una pluralidad de grupos de sub-bandas (110) con una pluralidad de sub-bandas (110), en donde cada uno de la pluralidad de grupos incluye un subconjunto diferente de la pluralidad de sub-bandas (110);  
 15 asignar (414) cada una de una pluralidad de antenas (524a-524t) a uno diferente de la pluralidad de grupos; y  
 transmitir (420) simultáneamente desde la pluralidad de antenas (524a-524t) utilizando la pluralidad de grupos de sub-bandas (110), produciéndose la transmisión desde cada antena (524a-524t) en el grupo de sub-bandas (110) asignadas a la antena (524a-524t), caracterizado por que para cada antena (524a-524t),  
 20 una potencia de transmisión utilizada para cada una de las sub-bandas (110) en el grupo asignado a la antena (524a-524t) se escala mayor que una potencia media obtenida mediante la distribución de potencia de transmisión total a lo largo de la pluralidad de sub-bandas (110).
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que piloto se transmite desde cada antena (524a-524t) en el grupo de sub-bandas (110) asignadas a la antena (524a-524t).
3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada uno de la pluralidad de grupos incluye el mismo número de sub-bandas (110).
- 25 4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las sub-bandas (110) en cada uno de la pluralidad de grupos se distribuyen uniformemente a lo largo de la pluralidad de sub-bandas (110).
5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el sistema de comunicación de múltiples antenas utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal.
- 30 6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que los datos son transmitidos en cada una de la pluralidad de sub-bandas (110) por un grupo particular de al menos dos antenas (524a-524t).
7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que a cada una de la pluralidad de antenas (524a-524t) se le asigna uno diferente de la pluralidad de grupos.
- 35 8. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que cada par de antenas (524a-524t) en la pluralidad de antenas (524a-524t) se le asigna una diferente de la pluralidad de grupos.
9. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que los datos son transmitidos en cada una de la pluralidad de sub-bandas (110) por un grupo particular de dos antenas (524a-524t).
- 40 10. El procedimiento según la reivindicación 6, que comprende además:
- 45 procesar datos utilizando diversidad de transmisión espacio-tiempo para proporcionar dos flujos de símbolos; y  
 demultiplexar los dos flujos de símbolos para proporcionar una pluralidad de sub-flujos de símbolos, un sub-flujo para cada una de la pluralidad de antenas (524a-524t), en donde demultiplexar se lleva a cabo en base al grupo de sub-bandas (110) asignado a cada antena (524a -524t), y en donde cada sub-flujo de  
 50 símbolos se transmite desde una antena asociada (524a-524t).
11. El procedimiento según la reivindicación 6, que comprende además:
- 55 procesar de datos utilizando codificación de diversidad de transmisión espacio-tiempo Walsh para proporcionar W flujos de símbolos, donde W es superior a dos; y  
 demultiplexar W los flujos de símbolos para proporcionar una pluralidad de sub-flujos de símbolos, un sub-flujo para cada una de la pluralidad de antenas (524a-524t), en donde la demultiplexar se lleva a cabo en base al grupo de sub-bandas (110) asignado a cada antena (524a -524t), y en donde cada sub-flujo de  
 60 símbolos se transmite desde una antena asociada (524a-524t).
12. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada uno de la pluralidad de grupos incluye al menos dos sub-bandas disjuntas (110).
- 65 13. Un aparato en un sistema de comunicación de múltiples antenas, medios para asignar cada uno de una pluralidad de antenas (524a-524t) con al menos uno de una pluralidad de grupos de sub-bandas (110), que comprende en el que la pluralidad de grupos de sub-bandas (110) se forman a partir de una pluralidad de

sub-bandas (110), y en el que cada uno de la pluralidad de grupos incluye un subconjunto diferente de la pluralidad de sub-bandas (110); y medios para transmitir simultáneamente desde la pluralidad de antenas (524a-524t) utilizando la pluralidad de grupos de sub-bandas (110), la transmisión desde cada antena (524a-524t) produciéndose en el al menos un grupo de sub-bandas (110) asignado a la antena (524a-524t) y de manera que evita la interferencia entre la pluralidad de antenas (524a-524t), caracterizado por que para cada antena (524a-524t), una potencia de transmisión utilizada para cada una de las sub-bandas (110) en el grupo asignado a la antena (524a-524t) se escala mayor que una potencia media obtenida mediante la distribución de potencia de transmisión total a través de la pluralidad de sub-bandas (110).

14. El aparato según la reivindicación 13, en el que a cada una de la pluralidad de antenas (524a-524t) se le asigna uno diferente de la pluralidad de grupos.

15. El aparato según la reivindicación 13, en el que a cada una de la pluralidad de antenas (524a-524t) se le han asignado al menos dos grupos de la pluralidad de grupos, y en el que cada uno de los al menos dos grupos se utiliza durante un periodo de símbolo diferente.

16. El aparato según la reivindicación 13, en el que para cada periodo de símbolo se produce la transmisión para cada una de la pluralidad de sub-bandas (110) de una de la pluralidad de antenas (524a-524t).

17. El aparato según la reivindicación 13, en el que medios para transmitir simultáneamente datos desde la pluralidad de antenas utilizando la pluralidad de grupos de sub-bandas, en donde se transmiten datos desde cada antena en el grupo de sub-bandas asignadas a la antena, y en el que los datos son transmitidos en cada una de la pluralidad de sub-bandas por un grupo particular de al menos dos antenas.

18. El aparato según la reivindicación 17, que comprende además:

medios para procesar datos utilizando un esquema de codificación de diversidad particular, para proporcionar al menos dos flujos de símbolos; y medios para demultiplexar los al menos dos flujos de símbolos para proporcionar una pluralidad de sub-flujos de símbolos, un sub-flujo para cada una de la pluralidad de antenas (524a-524t), en donde demultiplexar se lleva a cabo en base al grupo de sub-bandas (110) asignado a cada antena (524a-524t), y en el que cada sub-flujo de símbolos se transmite desde una antena asociada (524a-524t).

19. El aparato según la reivindicación 13, en el que los medios para asignar comprenden un controlador (530).

20. El aparato según la reivindicación 13, en el que los medios para transmitir desde la pluralidad de antenas (524a-524t) simultáneamente utilizando la pluralidad de grupos de sub-bandas (110) comprende un procesador espacial (520, 520a, 520b).

21. Una memoria legible por el procesador (532, 582) que comprende instrucciones que son ejecutables para llevar a cabo las etapas de cualquier procedimiento de las reivindicaciones 1 a 12.

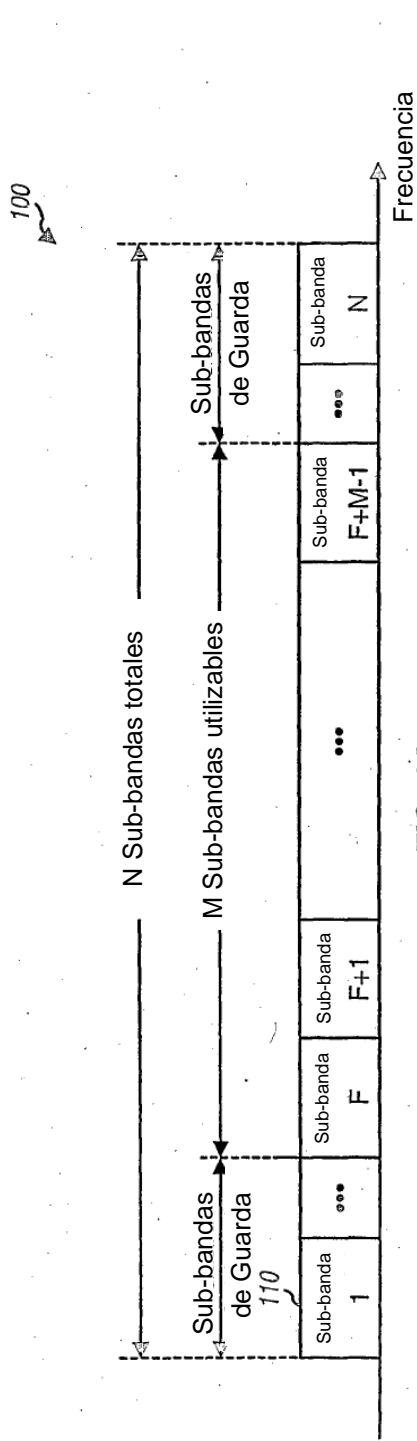


FIG. 1A

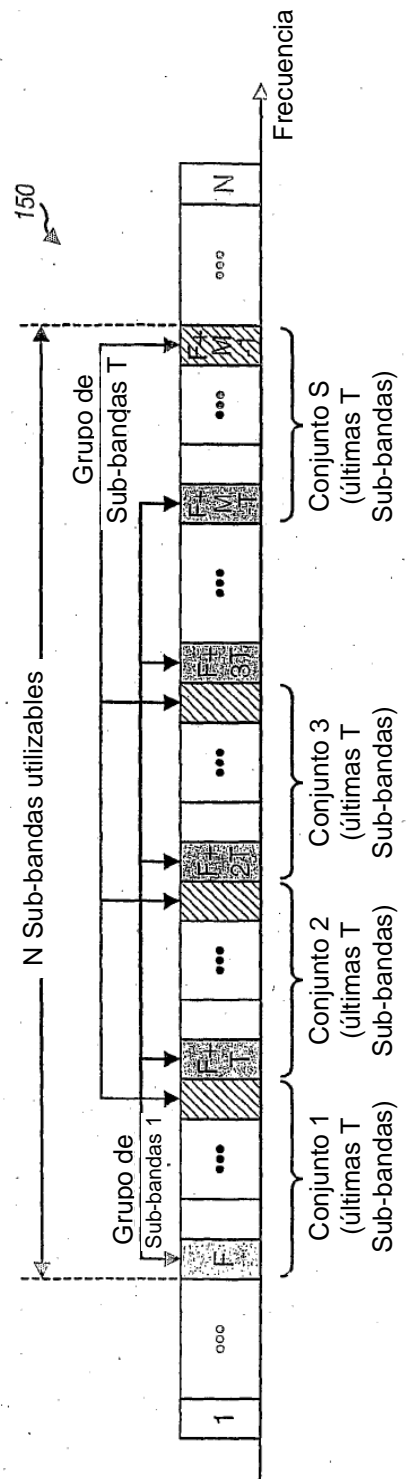


FIG. 1B

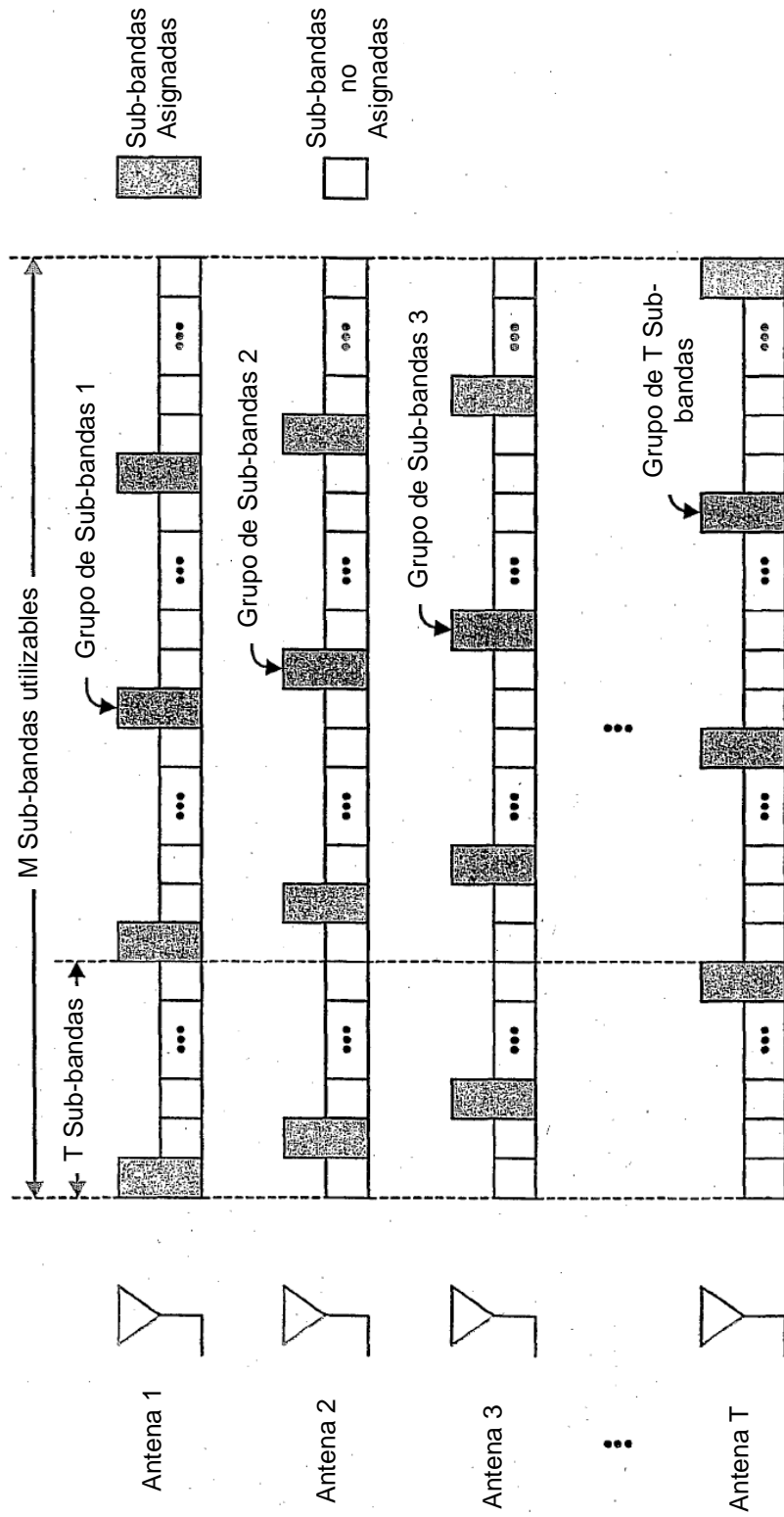


FIG. 2A

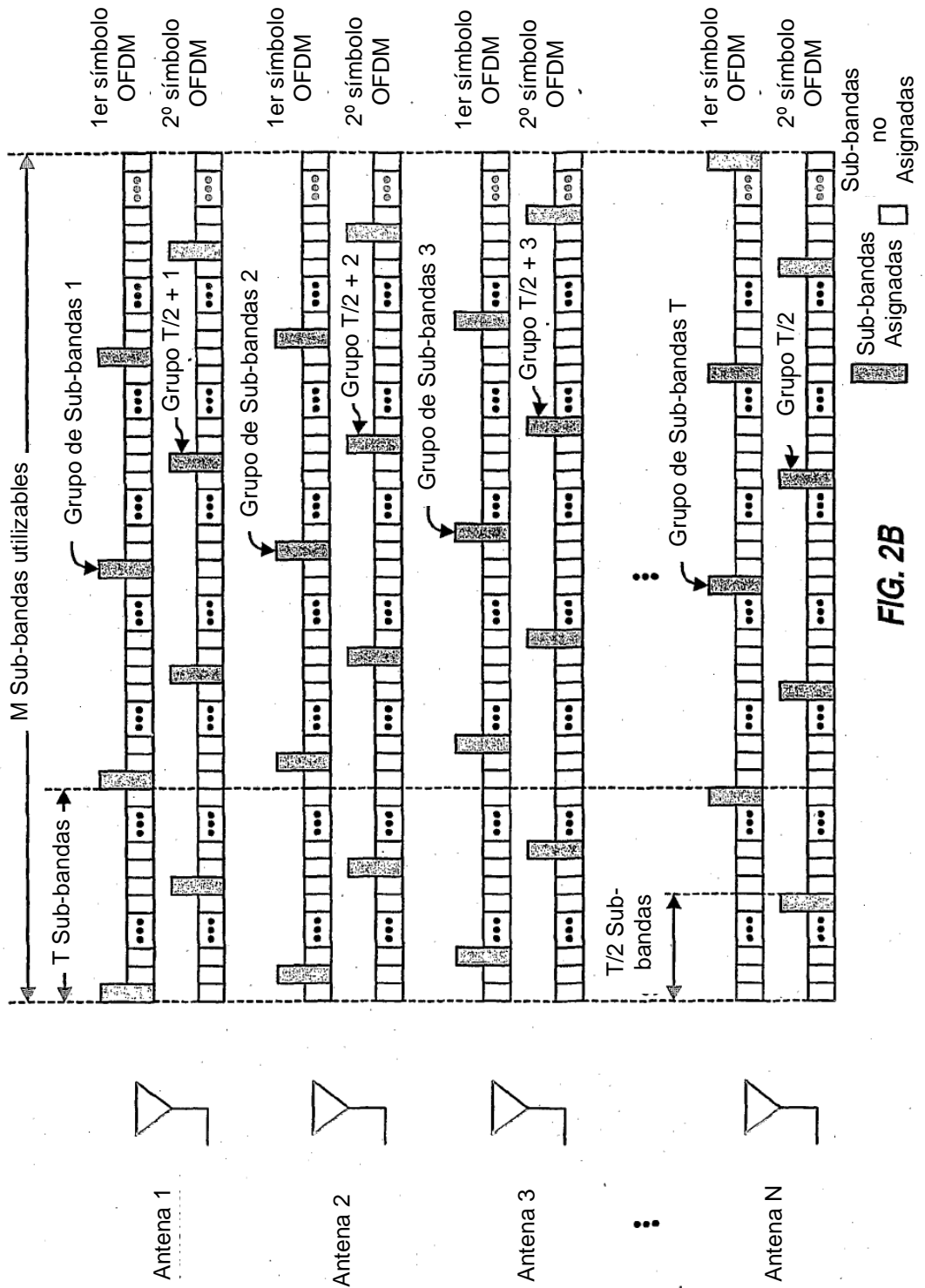


FIG. 2B



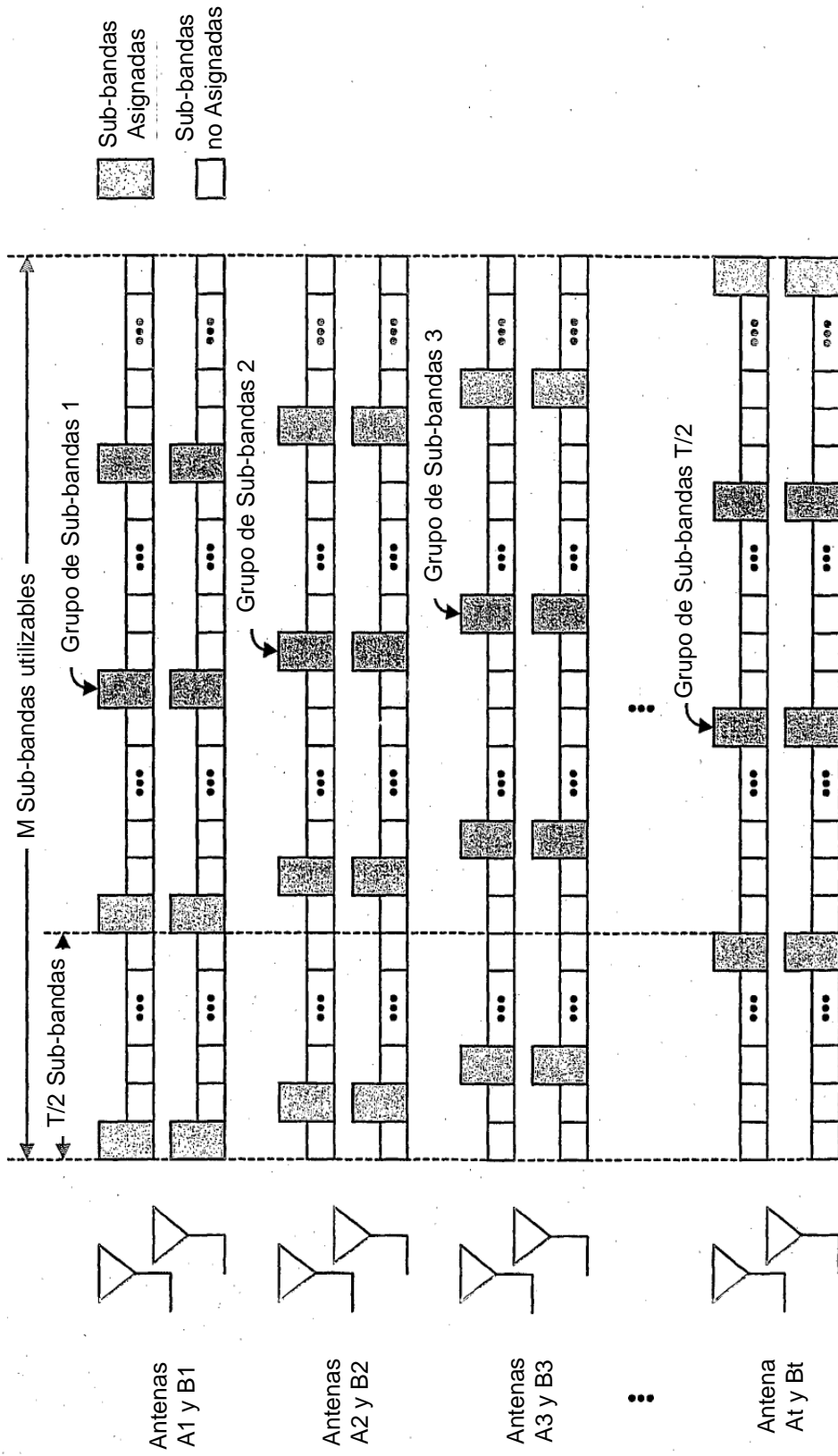


FIG. 3A

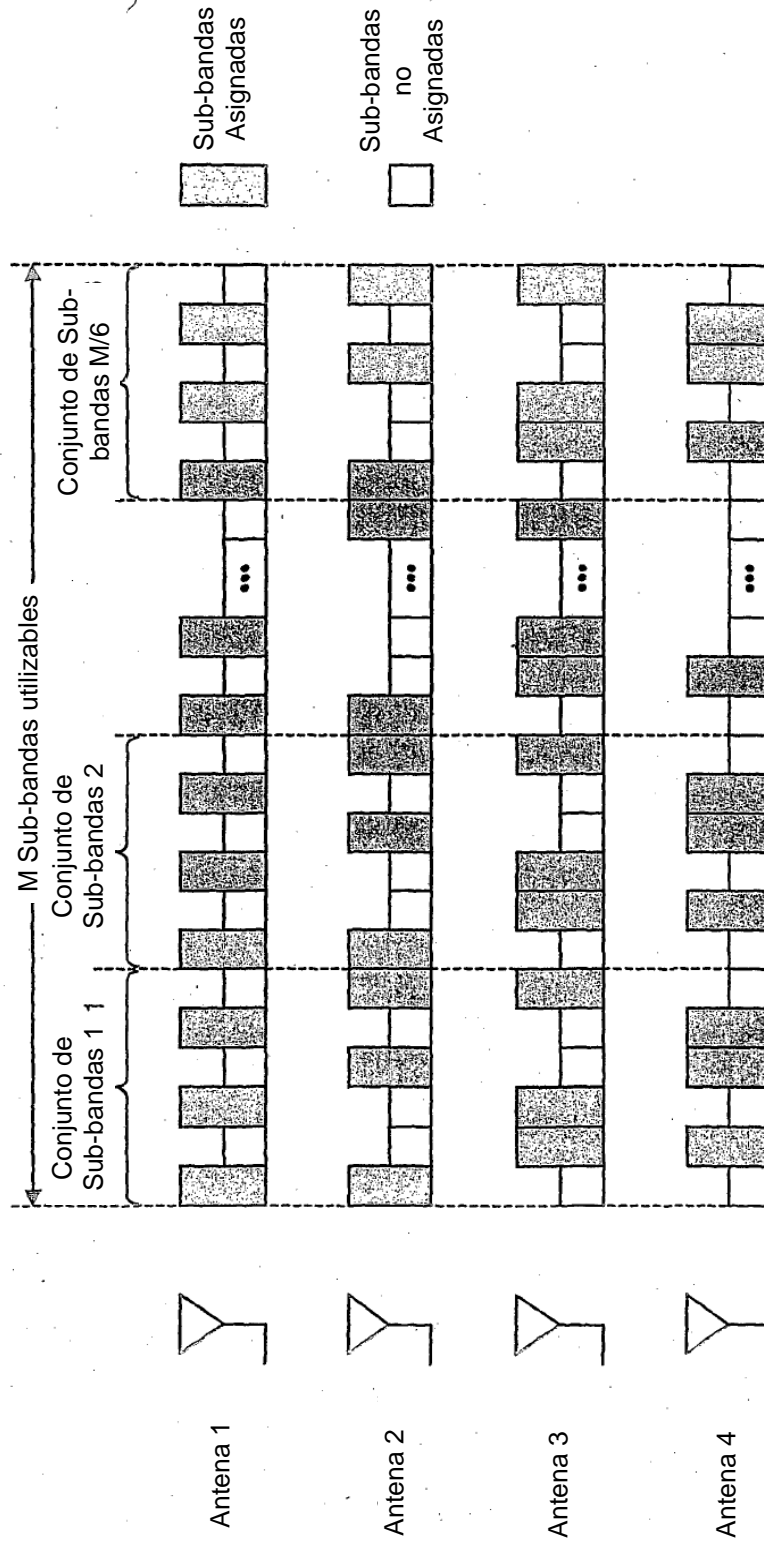


FIG. 3B

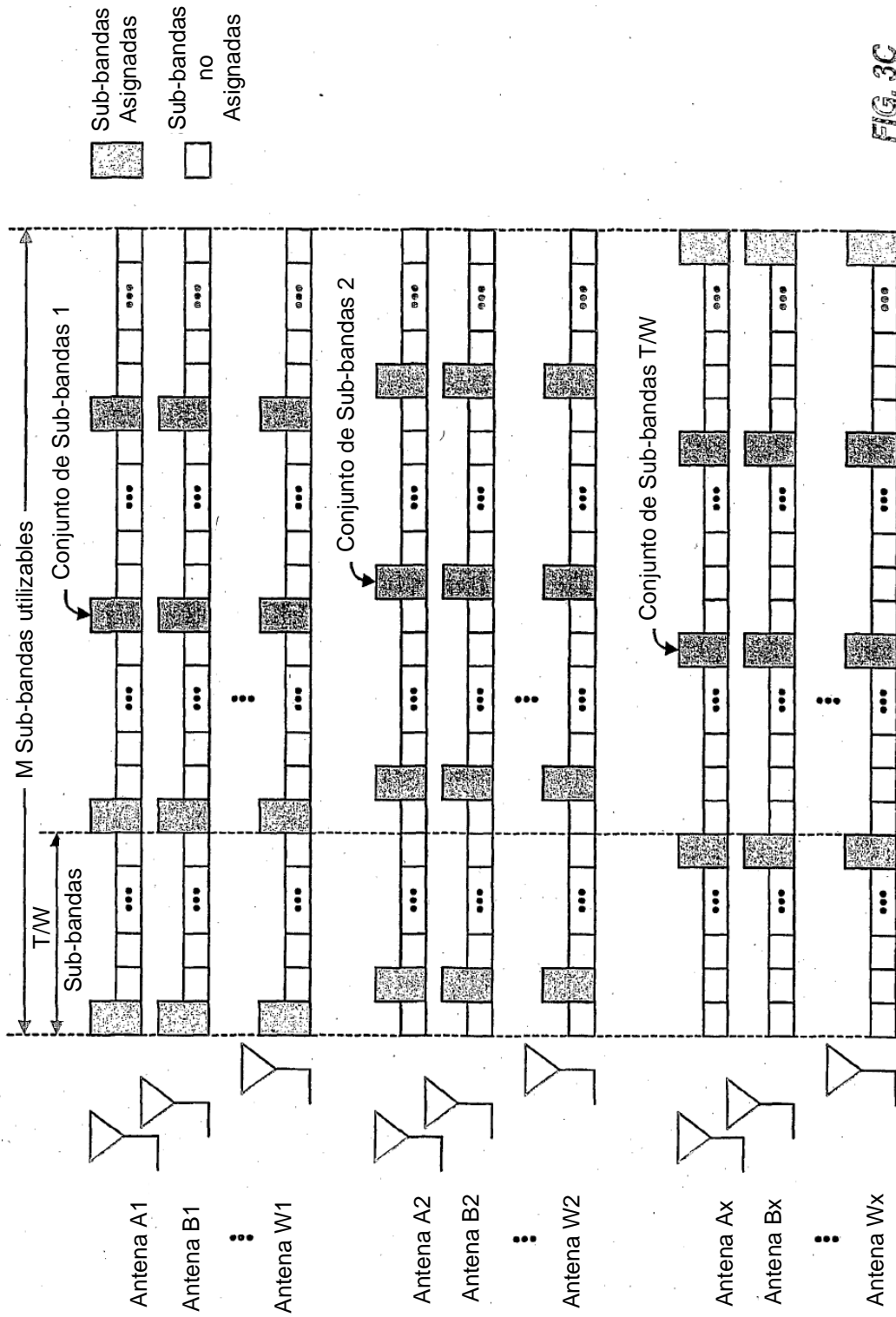


FIG. 3C

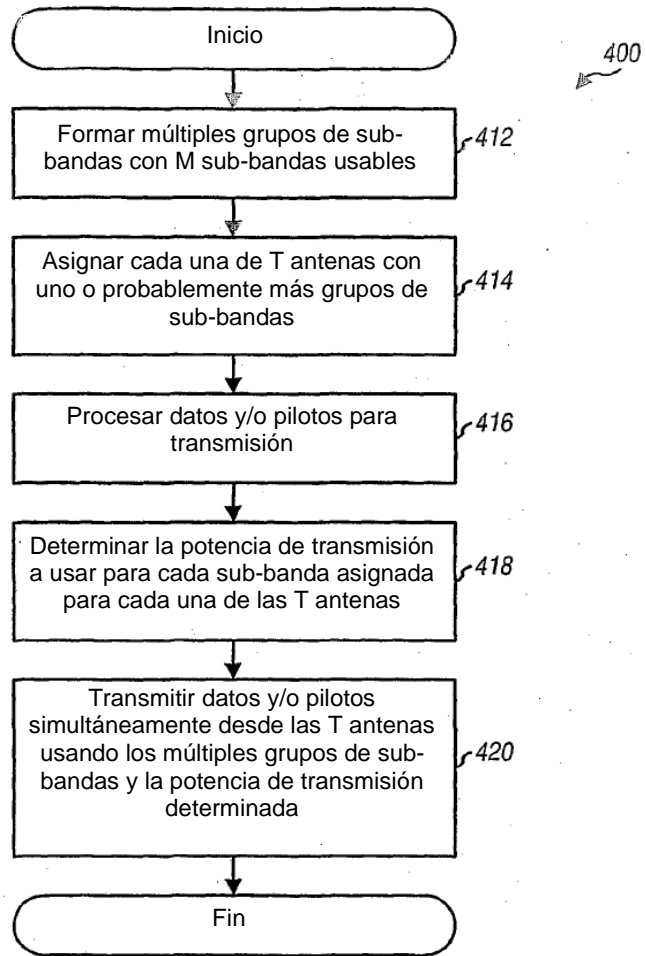


FIG. 4

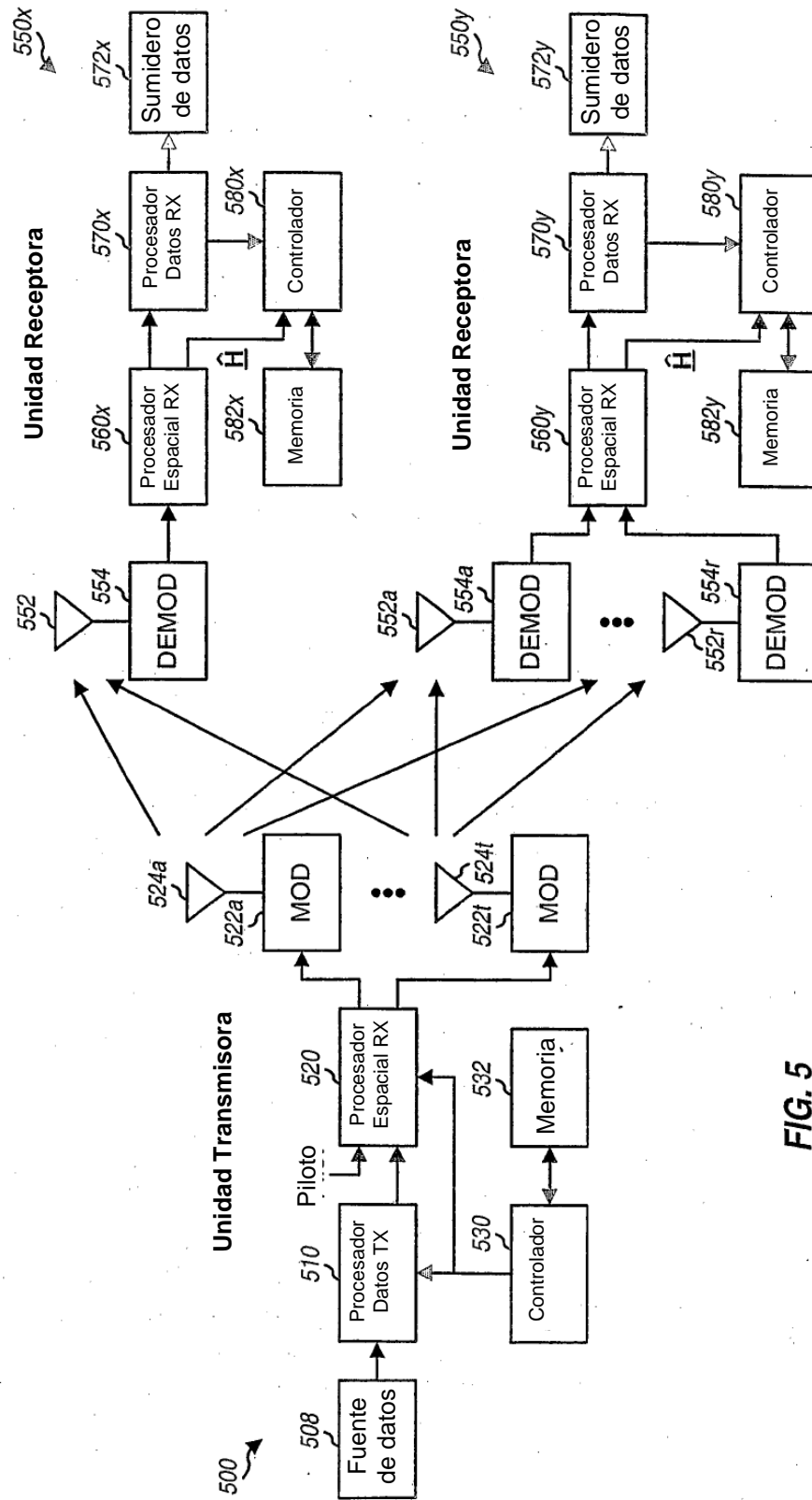


FIG. 5

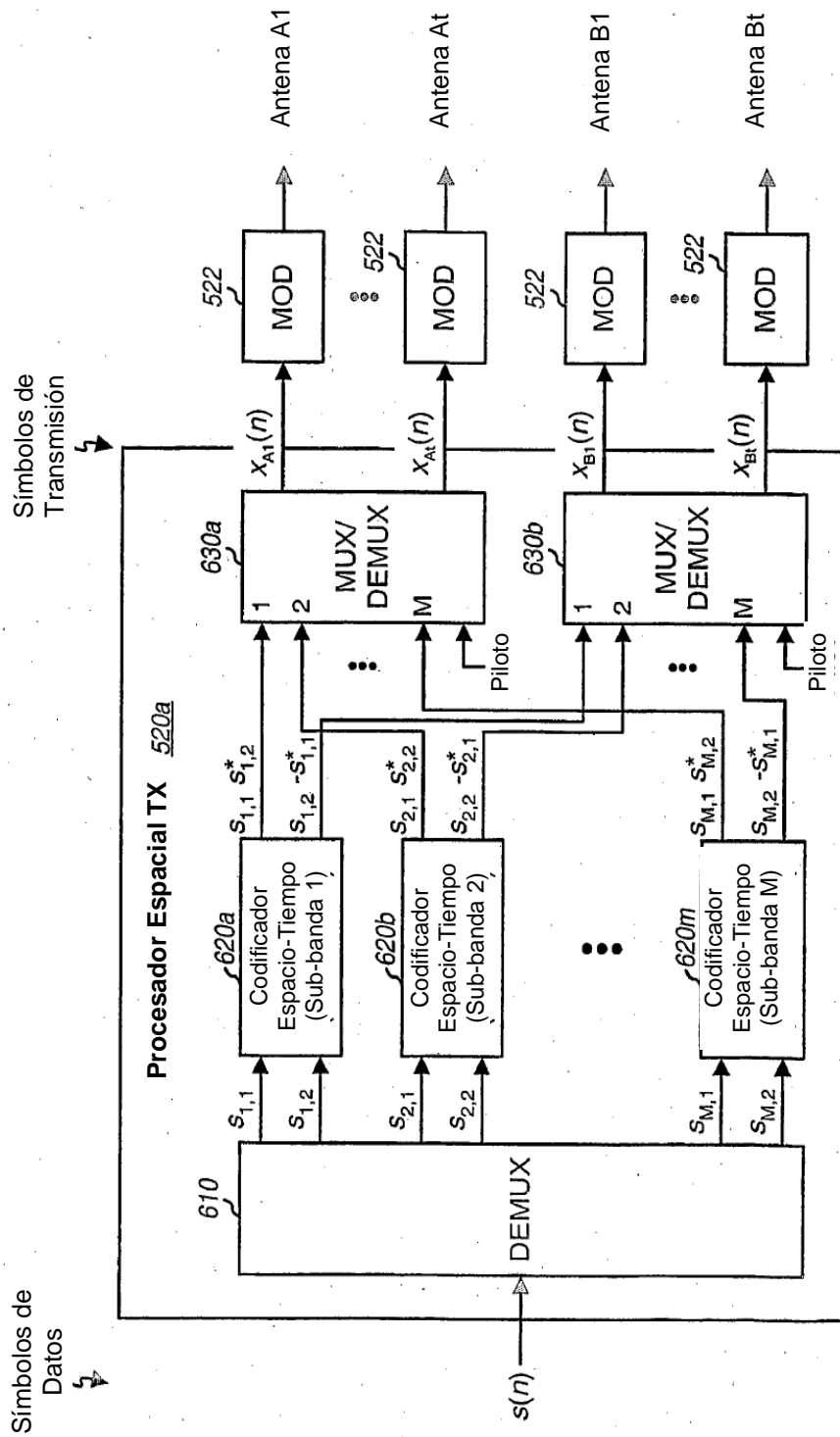


FIG. 6

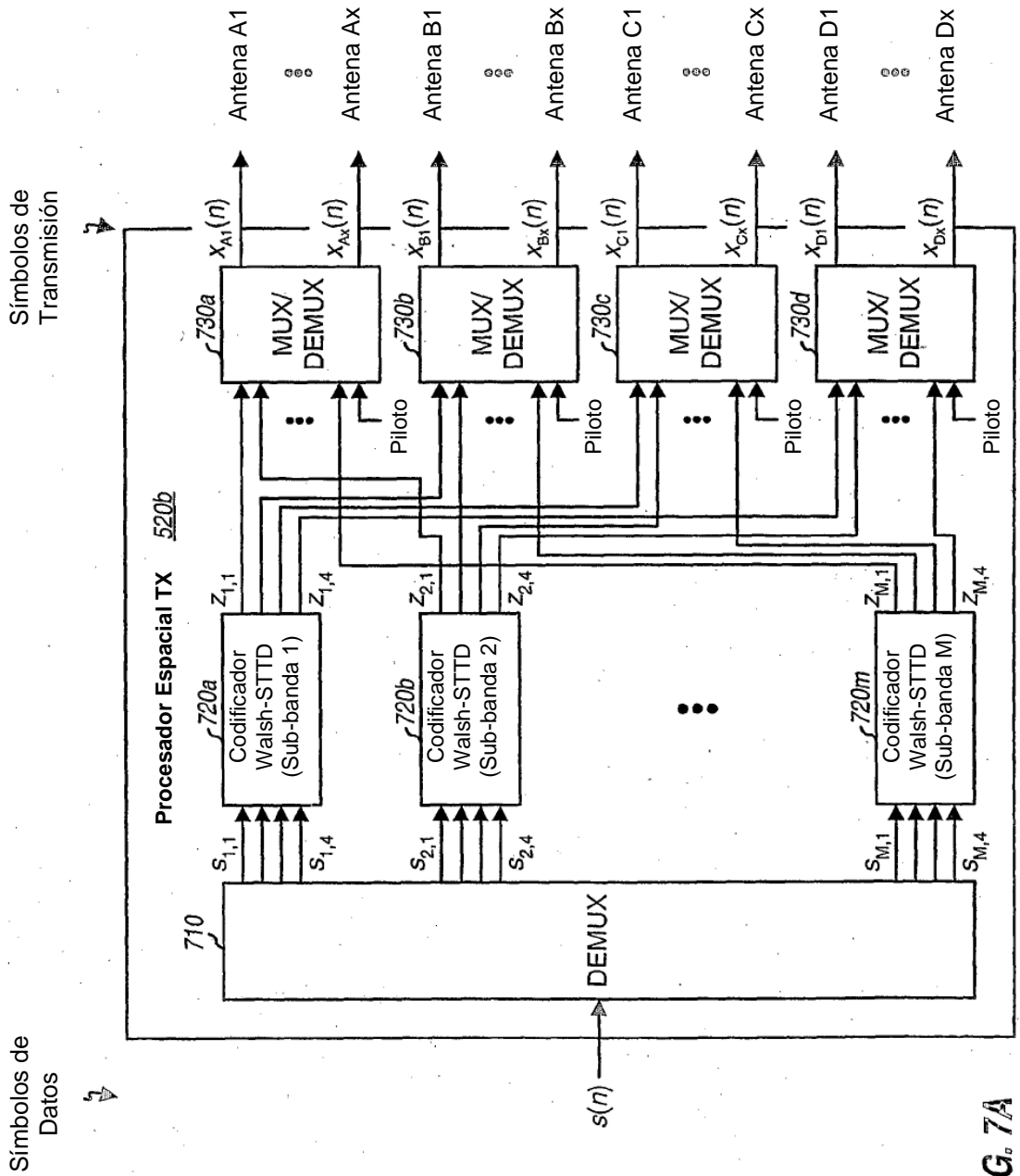


FIG. 7A

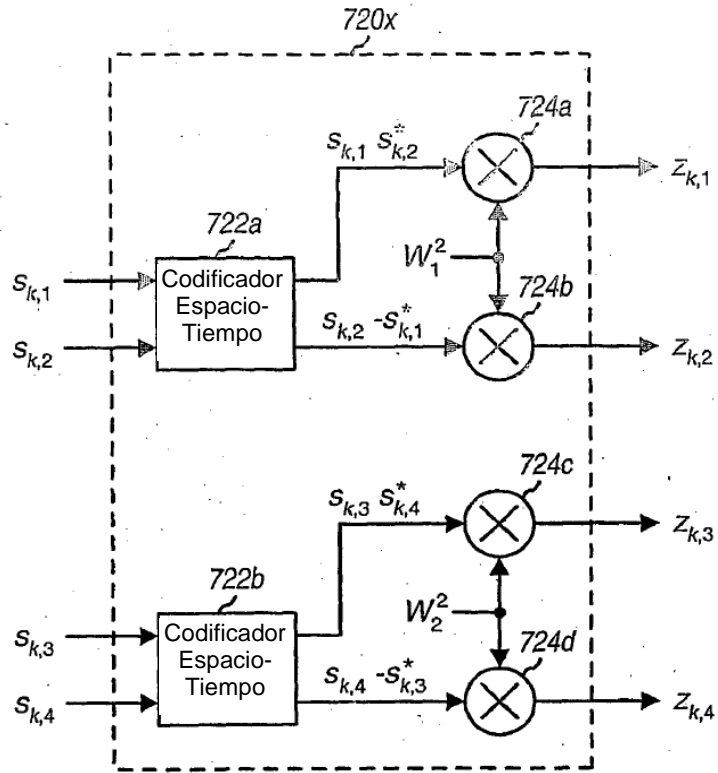


FIG. 7B

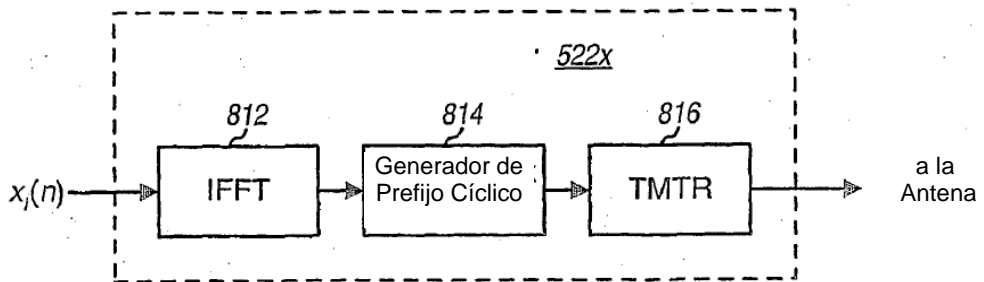


FIG. 8