



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 345 218**

51 Int. Cl.:

H04B 1/00 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06740853 .4**

96 Fecha de presentación : **07.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1867177**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.12.2007**

54

Título: **Método y aparato para la selección del mapeo de antena en redes inalámbricas MIMO-OFDM.**

30

Prioridad: **07.04.2005 US 669048 P**
06.04.2006 US 400400

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.09.2010

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.09.2010

73

Titular/es:
INTERDIGITAL TECHNOLOGY CORPORATION
3411 Silverside Road, Concord Plaza
Suite 105, Hagley Building
Wilmington, Delaware 19810, US

72

Inventor/es: **Baldwin, Keith Richard;**
Zeira, Eldad y
Cha, Inhyok

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 345 218 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

Método y aparato para la selección del mapeo de antena en redes inalámbricas MIMO-OFDM.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a sistemas de comunicación inalámbricos que utilizan tecnología de múltiple entrada-múltiple salida (MIMO, multiple in-multiple out). Más en concreto, la presente invención se refiere a la selección de configuraciones óptimas de transmisión de una red de múltiples antenas capacitada para MIMO.

10 **Antecedentes**

Los dispositivos de comunicación inalámbrica con múltiples antenas dispuestas en una configuración de diversidad ofrecen una serie de beneficios de transmisión y recepción comparados con los dispositivos con una sola antena. La base de la diversidad es que, en cualquier momento, la antena con la mejor recepción es seleccionada para recepción o transmisión. Si bien un dispositivo que utilice diversidad de antenas puede tener múltiples antenas físicas, existe solamente un conjunto único de circuitos electrónicos para procesar la señal, denominado también una cadena de radiofrecuencia (RF).

La tecnología inalámbrica de múltiple entrada-múltiple salida (MIMO) mejora la diversidad de antena utilizando múltiples cadenas de RF. Cada cadena de RF está capacitada para recepción o transmisión simultáneas. Esto permite a un dispositivo MIMO conseguir un rendimiento global superior y resolver efectos negativos de la interferencia por múltiples trayectos. En un dispositivo de transmisión, cada cadena RF es responsable de la transmisión de un flujo espacial. Una sola trama puede ser desensamblada y multiplexada a través de múltiples flujos espaciales, que después son reensamblados en un receptor.

MIMO es una de las técnicas más prometedoras en las comunicaciones inalámbricas. A diferencia de las técnicas tradicionales de antena inteligente que ayudan a mitigar el desvanecimiento perjudicial por múltiples trayectos y mejoran la solidez de un solo flujo de datos, MIMO toma ventaja del desvanecimiento por múltiples trayectos para transmitir y recibir simultáneamente múltiples flujos de datos. En teoría, la capacidad de un sistema MIMO se incrementa linealmente con el número de antenas de transmisión y recepción. MIMO está siendo tomado en consideración por los estándares de comunicación inalámbrica de datos, tales como el acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA, wideband code division, multiple access) 3GPP e IEEE 802.11n.

En la implementación de MIMO, una WTRU puede funcionar en modo de multiplexado espacial o bien en un modo de diversidad espacial. En el modo de multiplexado espacial, la WTRU transmite múltiples flujos de datos independientes para maximizar el rendimiento global de datos. Mientras que en el modo de diversidad espacial, una WTRU puede transmitir un solo flujo de datos a través de múltiples antenas. Dependiendo del modo de funcionamiento, una WTRU está configurada para seleccionar una métrica de calidad apropiada o una combinación apropiada de métricas de calidad para utilizar en la selección de una combinación de haces deseada. Típicamente, se obtiene una matriz H de canal m x N de la forma:

$$45 \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{Aa} & \dots & h_{Na} \\ \dots & \dots & \dots \\ h_{Am} & \dots & h_{Nm} \end{bmatrix},$$

50 donde los subíndices de los elementos h representan contribuciones atribuibles a cada mapeo de antenas entre las antenas a...m de la WTRU A de transmisión y las antenas a...m de la WTRU N de recepción.

Una WTRU puede obtener una matriz de calibración (K) de manera similar. La calibración en el contexto de LAN implica calcular un conjunto de coeficientes de corrección de valor complejo que, cuando se multiplican en los flujos de banda base de WTRU de transmisión en un esquema por antena y por subportadora, equilibran la diferencia de respuesta entre los trayectos de proceso de transmisión y recepción (hasta una constante desconocida a través de las antenas).

En referencia a la figura 1, se muestra un diagrama 100 de señal de calibración de canal de la técnica anterior. Una WTRU de transmisión 110 (WTRU de Tx) necesita calibrar primero el canal existente entre la WTRU 120 de recepción (WTRU de Rx). La WTRU de Tx 110 transmite una trama de aprendizaje de calibración (CTF, calibration training frame) 131 a la WTRU de Rx 120. La WTRU de Rx 120 responde transmitiendo una unidad 132 de datos por paquetes físicos (PPDU, physical packet data unit) de sondeo. La WTRU de Tx 110 calcula una estimación H 133 de canal para el canal, denominada $H(2 \rightarrow 1)$. La WTRU de Tx 110 transmite una respuesta 134 de calibración que incluye la estimación de canal $H(2 \rightarrow 1)$. La WTRU de Rx 120 lleva a cabo después la estimación de canal transmitiendo una CTF 135 a la WTRU de Tx 110. En respuesta, la WTRU de Tx 110 transmite una PPDU 136 de sondeo. La WTRU de Rx 120 calcula una estimación de canal $H(1 \rightarrow 2)$, y calcula las matrices de calibración $K(1 \rightarrow 2)$ y $K(2 \rightarrow 1)$ para el canal, 137. La WTRU de Rx 120 transmite a continuación una respuesta 138 de calibración que incluye la matriz de calibración $K(1 \rightarrow 2)$ a la WTRU de Tx 110. Debe observarse que la matriz de calibración $K(1 \rightarrow 2)$ se aplica a

continuación en la WTRU de Tx 110, como un factor de corrección de fase o de ganancia de banda base, para la transmisión a la WTRU de Rx 120. La matriz de calibración $K(2 \rightarrow 1)$ se aplica en la WTRU de Rx 120, de nuevo como un factor de corrección de fase/ganancia de banda base, en la transmisión de señales de la WTRU de Rx 120 a la WTRU de Tx 110. En este momento el canal está calibrado y listo para el intercambio de paquetes.

Para iniciar el intercambio de paquetes de datos, la WTRU de Tx 110 transmite una solicitud 139 a la WTRU de Rx 120, que responde enviando el esquema 140 de modulación y codificación (MCS, modulation and coding scheme) de la PPDU. La WTRU de Tx 110 utiliza la matriz de calibración $K(1 \rightarrow 2)$ para calcular una matriz V de dirección, y comienza la transferencia 142 datos por paquetes.

La técnica anterior no considera la utilización de tecnología de antena inteligente. Las antenas inteligentes son, y en concreto lo es la conformación de haces, una técnica de procesamiento de señal utilizada con redes de transmisores o receptores que controlan la direccionalidad de un patrón de radiación, o la sensibilidad al mismo. Cuando se recibe una señal, la conformación de haces puede incrementar la ganancia en la dirección de las señales deseadas y disminuir la ganancia en la dirección de la interferencia y el ruido. Cuando se transmite una señal, la conformación del haz puede incrementar la ganancia en la dirección en que se va a enviar la señal. Cuando se combinan antenas capacitadas para conformación del haz con MIMO, el número de mapeos de antena disponibles se incrementa de manera espectacular.

Cuando se incluyen antenas de conformación del haz en una WTRU, el número de mapeos de antena disponibles se hace muy grande. Para optimizar la conexión de comunicaciones entre las WTRUs, es necesario seleccionar el mapeo de antena apropiado tanto en el transmisor como en el receptor.

Por lo tanto, se desea un método y un aparato para utilizar eficientemente la variedad de mapeos de antena disponibles en un dispositivo inalámbrico capacitado para MIMO que tiene múltiples antenas de conformación del haz.

El documento EP 1 063 789 A1 describe un método para llevar a cabo diversidad de antena en transmisión y recepción entre un primero y un segundo dispositivos de red, que incluye la utilización de una antena omnidireccional del primer dispositivo de red para transmitir una señal de calibración desde el primero al segundo dispositivo de red, identificar la mejor antena de recepción de un segundo dispositivo de red mediante conmutación de antenas, y establecer la así identificada mejor antena de recepción como la antena de transmisión y recepción del segundo dispositivo de red, utilizar la antena así determinada para transmitir una señal de calibración desde el primer dispositivo de red al segundo, identificar la mejor antena de recepción del primer dispositivo de red mediante conmutación de antenas, y establecer la así identificada mejor antena de recepción como la antena de transmisión y recepción del primer dispositivo de red.

El documento congresual "Adaptive MIMO Antenna Selection" de I. Berenguer y otros, del 37º congreso Asilomar sobre señales, sistemas y ordenadores, Pacific Grove, CA, del 9 al 12 de noviembre de 2003, IEEE, EE.UU., volumen 1, 9 de noviembre de 2003, páginas 21 a 28, describe algoritmos de aproximación estocástica discreta para seleccionar un conjunto óptimo de antenas en base a técnicas de optimización estocástica discreta utilizándose, según se dice, los algoritmos de aproximación estocástica discreta para la selección adaptativa de un subconjunto mejor de antenas utilizando criterios tales como la capacidad máxima de canal, saltos mínimos en la tasa de errores y tasa de errores mínima.

Compendio

La presente invención es un método y un aparato para seleccionar un mapeo de antena en redes de comunicación inalámbrica habilitadas para múltiple entrada/múltiple salida (MIMO). Se determina un conjunto de candidatos de mapeos de antena actualmente disponibles en función de condiciones de canal a largo plazo medidas. Se selecciona un mapeo de antena entre el conjunto de candidatos, y el mapeo se calibra con un mapeo de antena seleccionado de una unidad de transmisión/recepción inalámbrica (WTRU, wireless transmit/receive unit) receptora. Cuando se han calibrado los mapeos seleccionados, comienza la transmisión de datos por paquetes. En una realización alternativa, se utiliza una trama de aprendizaje de calibración (CTF) para calibrar simultánea o secuencialmente múltiples mapeos de antena. Se dan a conocer asimismo formatos de capa física y de capa de control de acceso al medio para implementar la selección de mapeo de antena de acuerdo con la invención.

Breve descripción de los dibujos

Se puede tener una comprensión más detallada de la invención a partir de la siguiente descripción, proporcionada a modo de ejemplo y para ser comprendida junto con los dibujos anexos, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama de señal de una calibración de canal y transferencia de datos por paquetes de la técnica anterior;

la figura 2 es un diagrama de flujo de un método para seleccionar mapeos de antena de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema que incluye un AP y una WTRU de acuerdo con la presente invención;

ES 2 345 218 T3

las figuras 4A y 4B son un diagrama de temporización de señal de calibración de canal y transferencia de datos por paquetes, donde se utiliza la selección de mapeo de antena acorde con la presente invención;

la figura 5 es un diagrama de formato de trama de PPDU, de trama de aprendizaje de calibración (CTF), para implementar selección de mapeo de antena de acuerdo con la invención;

la figura 6 es un diagrama de un formato de trama de PPDU de sondeo para implementar selección de mapeo de antena de acuerdo con la invención; y

la figura 7 es un diagrama de un formato de trama MAC de PPDU de sondeo para implementar selección de mapeo de antena de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Si bien en las realizaciones preferidas se describen las características y los elementos de la presente invención en combinaciones concretas, cada característica o elemento puede ser utilizado independientemente (sin los otros elementos y las otras características de las realizaciones preferidas) o en diversas combinaciones con o sin otras características y elementos de la presente invención.

En adelante, una unidad de transmisión/recepción inalámbrica (WTRU) incluye de forma no limitativa un equipo de usuario, una estación móvil, una unidad de abonado fija o móvil, o cualquier otra clase de dispositivo capaz de funcionar en un entorno inalámbrico. Cuando se mencione en adelante, un punto de acceso (AP, access point) incluye de forma no limitativa un nodo B, un controlador del sitio, una estación base o cualquier otra clase de dispositivo de interfaz en un entorno de comunicación inalámbrica. Tal como se utiliza en la presente memoria, el término “mapeo de antena” significa una combinación específica de una antena, o un haz de antena en el caso de una antena con conformación del haz, con una cadena de proceso de RF concreta.

En referencia a la figura 2, se muestra un método 200 para selección de mapeo de antena de acuerdo con la invención. Una WTRU selecciona un mapeo de antena entre un conjunto de candidatos de mapeos de antena disponibles actualmente (etapa 210). La WTRU determina si el mapeo de antena seleccionado está calibrado (etapa 220). Si se determina que el mapeo de antena seleccionado no está calibrado, la WTRU calibra el mapeo de antena seleccionado (etapa 230). Debe observarse que una calibración de mapeo de antena que ha sido calibrado previamente puede resultar inútil. La calibración del mapeo de antena seleccionado se discute después en mayor detalle. A continuación, la WTRU determina si la WTRU receptora ha cambiado su mapeo de antena (etapa 240). Si la WTRU ha cambiado su mapeo de antena, el método vuelve a la etapa 210 para seleccionar un nuevo mapeo de antena transmisora, si se desea. Si se determina que la WTRU receptora no ha cambiado su mapeo de antena, la WTRU de transmisión comienza la transmisión de datos por paquetes utilizando el mapeo de antena seleccionado y calibrado (etapa 250). El método vuelve a la etapa 210 de manera que la WTRU de transmisión puede cambiar su mapeo de antena.

En referencia a la figura 3, se muestra un sistema 300 de comunicación inalámbrica que incluye una primera WTRU 310 y una segunda WTRU 320 para llevar a cabo selección de mapeo de antena de acuerdo con la presente invención. En lo que sigue, se explicará la presente invención haciendo referencia a la transmisión de enlace descendente desde una WTRU de transmisión 310 a una WTRU de recepción 320. Sin embargo, la presente invención es aplicable igualmente a transmisiones tanto de enlace ascendente como de enlace descendente donde la WTRU 310 o bien la WTRU 320 es una estación base, así como para configuraciones donde la WTRU 310 está en comunicación directa con la WTRU 320 en una red ad hoc o en una red en malla.

La WTRU 310 incluye dos canales de RF 312A, 312B, un selector 314 del haz, una serie de antenas 316A-316n, donde n es un entero mayor que 1, y una unidad 318 de calibración. En esta realización ejemplar, las antenas 316A-316n pueden generar múltiples haces. La WTRU 320 incluye dos cadenas de RF 322A, 322B, un selector 324 del haz y una serie de antenas 326A-326m, donde m es cualquier entero mayor que 1. De nuevo, en esta realización ejemplar por lo menos una de las antenas 326A-326m puede generar múltiples haces. Haciendo referencia en concreto a la WTRU 320, se selecciona una combinación de haces mediante el selector 324 de haz para la transmisión y recepción MIMO de acuerdo con el método 200 actualmente inventivo y descrito arriba en referencia a la figura 2. El mapeo de antena seleccionado es utilizado para transmisión y recepción de acuerdo con una salida de señal de control procedente del selector 324 del haz. El selector 324 del haz selecciona una combinación concreta de haces en función de métricas de calidad generadas y almacenadas en la unidad 328 de calibración, tal como se explica en detalle después. Las componentes WTRU de la presente invención pueden incorporarse a un circuito integrado (IC, integrated circuit) o configurarse en un circuito que comprende una multitud de componentes interconectados. Debe entenderse que, aunque estas realizaciones ejemplares incluyen dos cadenas de RF, esto es solamente por conveniencia y puede utilizarse cualquier número de cadenas de RF.

Por simplicidad, la figura 3 ilustra tanto la WTRU 310 de transmisión como la WTRU 320 de recepción equipadas con antenas de conformación del haz, cada una de las cuales genera tres (3) haces. No obstante, la configuración mostrada en la figura 3 se proporciona como ejemplo, y no como limitación. Puede utilizarse cualquier combinación de tipos de antena con cualquier número de haces, o antenas que no son del tipo de conformación del haz o del tipo de conmutación del haz.

ES 2 345 218 T3

Las antenas pueden ser antenas parásitas conmutadas (SPAs, switched parasitic antennas), antenas matriciales en fase, o cualquier tipo de antenas direccionales de conformación del haz. Una SPA es de tamaño compacto, lo que la hace adecuada para dispositivos WLAN. Si se utiliza una SPA, puede utilizarse un solo elemento activo de antena junto con uno o más elementos pasivos de antena. Ajustando impedancias de los elementos pasivos de antena, puede ajustarse el patrón del haz de antena y puede llevarse a cabo el ajuste de impedancias controlando un conjunto de conmutadores conectados a los elementos de antena. Alternativamente, las antenas pueden ser compuestas, incluyendo múltiples antenas que pueden ser todas antenas omnidireccionales. Por ejemplo, para cada una de las antenas 326A-326m pueden utilizarse tres antenas omnidireccionales que tienen una separación física seleccionada y las antenas omnidireccionales pueden ser conectadas y desconectadas en función de una señal de control procedente del selector 324 del haz para definir diferentes combinaciones de haces.

Con fines ilustrativos se hace referencia a la figura 3. La WTRU 310 transmisora (también denominada en la presente memoria WTRU de Tx) incluye dos canales de RF 312A y 312B. El selector 314 del haz acopla varias antenas omnidireccionales 316A-316n a las cadenas de RF 312A, 312B. Por lo tanto, el número de posibles mapeos de antena para la WTRU transmisora 310 es n veces el número de cadenas de RF. La WTRU receptora 320 (denominada asimismo en la presente memoria como WTRU de Rx) incluye también dos cadenas de RF, 322A y 322B. Un selector 124 del haz acopla varias antenas 326A-326m de conformación del haz a las cadenas de RF 322A y 322B. Tal como se ha mencionado arriba, en esta realización ejemplar simple, cada antena 326A-326m de conformación del haz puede formar tres haces direccionales. Por lo tanto, la WTRU receptora 120 tiene un total de mapeos de antena de m multiplicado por el número de haces multiplicado por el número de cadenas de RF. El conjunto de todos los mapeos de antena posibles que pueden ser utilizados en cualquier estación de transmisión es denominado el “superconjunto”, y el tamaño del superconjunto se denota como $N_{\text{superconjunto}}$. $N_{\text{superconjunto}}$ puede ser muy grande, y puede no ser práctico utilizar todos los mapeos de antena disponibles en cualquier instante dado.

Un conjunto de candidatos es un subconjunto del superconjunto y es una colección de mapeos de antena disponibles para una selección en cualquier instante dado. Preferentemente, el tamaño del conjunto de candidatos está limitado a entre 8 y 32 mapeos de antena. Un conjunto de candidatos no es estático, sino que por el contrario es dinámico y puede cambiar en el tiempo para reflejar condiciones cambiantes del canal. Por ejemplo, una estación de transmisión puede monitorizar las condiciones del canal de todos los mapeos de antena en el conjunto de candidatos actual, ya sea continua o periódicamente, y si las condiciones de canal medidas no satisfacen un umbral predeterminado durante un periodo predeterminado, la estación de transmisión puede modificar el conjunto de candidatos. Esto puede conseguirse desechando varios mapeos de antena del conjunto de candidatos actual, introduciendo varios mapeos de antena nuevos, y/o reteniendo varios mapeos de antena en el conjunto de candidatos. En aplicaciones con movilidad de alta velocidad, puede reducirse el conjunto de candidatos o puede detenerse totalmente la selección de un mapeo de antena.

En una realización preferida de la presente invención, la WTRU 310 puede seleccionar cualquier mapeo de antena del conjunto de candidatos. La selección de un mapeo de antena está basada en un criterio a largo plazo. No se lleva a cabo un seguimiento de canal por paquetes, y por consiguiente, la selección de un mapeo de antena no sigue los cambios rápidos, o las micro-estructuras, de un canal. Debe observarse que cualesquiera cambios de los mapeos de antena en el conjunto de candidatos se producen fuera de cualesquiera transmisión o recepción activas de paquetes de datos.

También con referencia a la figura 3, durante el funcionamiento, la unidad 318 de calibración de la WTRU 310 de recepción mide una métrica de calidad seleccionada en cada uno de los haces o combinaciones de haces de antena del conjunto de candidatos actual, y entrega unos datos de medida de la métrica de calidad al selector 314 del haz. El selector 314 del haz escoge un mapeo de antena deseado para las comunicaciones de datos con la WTRU 320 de recepción en función de la medición de la métrica de calidad. La unidad 318 de calibración genera además solicitudes de sondeo para la calibración periódica (o aperiódica) cuando se requiera, tramas de aprendizaje de calibración, y PPDUs de sondeo en respuesta a solicitudes de calibración. La unidad 318 de calibración incluye un procesador para calcular una matriz de estimación de canal y una matriz de calibración en función de paquetes de sondeo recibidos, y una memoria para almacenar matrices de estimación de canal y matrices de calibración. La unidad 318 de calibración lleva a cabo preferentemente señalización y mensajería en conformidad con estándares IEEE, tales como la familia de estándares IEEE 802.11, y más preferentemente el estándar IEEE 802.11n.

Pueden utilizarse varias métricas de calidad para determinar un mapeo de antena deseado. Son adecuadas métricas de la capa física (PHY), de la capa de control de acceso al medio (MAC) o de la capa superior. Las métricas de calidad preferidas incluyen, de forma no limitativa, estimaciones de canal, una relación señal-ruido e interferencia (SNIR, signal-to-noise and interference ratio), un indicador de la intensidad de señal recibida (RSSI, received signal strength indicator), un rendimiento global de datos de corto plazo, una tasa de errores de paquetes, una velocidad de transmisión de datos, un modo de operación de la WTRU, la magnitud del máximo autovalor de la matriz de estimación de canal recibida, o similares.

Para ilustrar el método 200 para selección de mapeo de antena descrito con referencia a la figura 2, en las figuras 4A y 4B se muestra un diagrama 400 de temporización de señal de selección de mapeo de antena. En primer lugar la WTRU 410 de Tx transmite a la WTRU 420 de Rx una PDU 430 de sondeo utilizando un mapeo p de antena. La WTRU 410 de Tx transmite a continuación una trama 432 de aprendizaje de calibración solicitando calibración. La WTRU 420 de Rx está utilizando actualmente el mapeo x de antena, y responde a la CTF 432 con una PDU 434 de sondeo enviada utilizando el mapeo x de antena. La WTRU 410 de Tx lleva a cabo la estimación 436 de canal

ES 2 345 218 T3

para los mapeos de antena en uso tanto en la WTRU 410 de Tx como en la WTRU 420 de Rx, a saber el mapeo p de antena y el mapeo x de antena, respectivamente. Se calcula una matriz de estimación de canal, $H(x \rightarrow p)$. La WTRU 410 de Tx transmite una respuesta 438 de calibración que incluye la estimación de canal calculada. A continuación, la WTRU 420 de Rx transmite su propia CTF 440 a la WTRU 410 de Tx. La WTRU 410 de Tx responde con una PDU 442 de sondeo. La WTRU 420 de Rx utiliza la PDU 442 de sondeo para calcular una estimación de canal $H(p \rightarrow x)$ y una matriz de calibración para los mapeos de antena seleccionados actualmente, $K(p \rightarrow x)$, $K(x \rightarrow p)$ 444. A continuación la WTRU 420 de Rx transmite una respuesta 446 de calibración a la WTRU 410 de Tx, que incluye la matriz de calibración de canal de interés para la WTRU 410 de Tx, a saber $K(p \rightarrow x)$. En este momento el mapeo $p \rightarrow x$ de antena está calibrado, 448.

A continuación las WTRUs son libres para comenzar un intercambio de paquetes de datos utilizando el canal calibrado. La WTRU 410 de Tx transmite una solicitud 450 de transmisión (TRQ) a la WTRU 420 de Rx. La WTRU 420 de Rx responde con una PDU 452 de sondeo transmitida utilizando el mapeo x de antena. A continuación la WTRU 410 de Tx calcula una matriz V de dirección en función de la matriz de calibración $K(p \rightarrow x)$ 454. La transferencia 456 datos por paquetes prosigue.

Debido a diversas razones, tal como un cambio en las condiciones de canal, medidas utilizando una métrica de calidad del canal, o a la movilidad de algunas de las WTRUs, por ejemplo, la WTRU 420 de Rx cambia 458 el mapeo de antena de x a y . A continuación se determina si el mapeo $p \rightarrow y$ de antena está calibrado. En esta realización a modo de ejemplo, el mapeo $p \rightarrow y$ de antena no está calibrado, y por lo tanto se requiere calibración. La WTRU 410 de Tx transmite una PDU 460 de sondeo sobre el mapeo p de antena, y a continuación una CTF 462. La WTRU 420 de Rx responde con una PDU 464 de sondeo utilizando el mapeo y de antena. Se produce una estimación 466 de canal $H(y \rightarrow p)$ en la WTRU 410 de Tx, y se transmite una respuesta 468 de calibración que incluye la estimación de canal. A continuación la WTRU 420 de Rx solicita 470 calibración, y la WTRU de Tx accede con una PDU 472. La WTRU 420 de Rx calcula 474 la estimación de canal $H(p \rightarrow y)$, y las matrices de calibración $K(p \rightarrow y)$ y $K(y \rightarrow p)$. A continuación se transmite una respuesta 476 de calibración a la WTRU 410 de Tx que incluye la matriz de calibración de interés para la WTRU 410 de Tx. En este momento el mapeo $p \rightarrow y$ de antena está calibrado 478 y listo para el intercambio de paquetes de datos.

A continuación comienza el intercambio de paquetes de datos con la WTRU 410 de Tx solicitando 480 el sondeo, y la WTRU 420 de Rx respondiendo 482 con una PDU de sondeo transmitida utilizando el mapeo y de antena. A continuación se calcula una matriz V de dirección en función de la calibración $K(p \rightarrow y)$, y prosigue la transferencia 486 de datos por paquetes.

En una realización alternativa, la calibración de múltiples mapeos de antena se produce en secuencia previamente a la transferencia de paquetes de datos. De manera similar a la señalización de calibración 430 a 448 mostrada en la figura 4, una WTRU de recepción puede responder a la CTF utilizando múltiples mapeos de antena seleccionados entre su actual conjunto de candidatos. Las matrices de calibración resultantes pueden ser almacenadas para referencia futura. Por ejemplo, una WTRU de transmisión puede seleccionar el mapeo f de antena, y transmitir una CTF a la WTRU de recepción solicitando calibración. La WTRU de recepción puede responder secuencialmente con una PDU de sondeo utilizando cada mapeo q , r y s de antena, seleccionado entre su conjunto de candidatos disponibles actualmente. La WTRU de transmisión calibra el canal correspondiente a los mapeos $f \rightarrow q$, $f \rightarrow r$, y $f \rightarrow s$ de antena, y almacena en la memoria las matrices de calibración para referencia futura antes de la transmisión de datos por paquetes. Si una WTRU de recepción cambia su mapeo de antena, por ejemplo, al mapeo r de antena, la WTRU de transmisión puede recibir desde la memoria la matriz de calibración apropiada y comenzar la transmisión de paquetes de datos sin llevar a cabo de nuevo la calibración.

Alternativamente, puede producirse en paralelo (es decir, simultáneamente) la calibración de múltiples mapeos de antena, reduciendo de ese modo la señalización. En esta realización, se envía una sola PDU de sondeo mediante una WTRU de transmisión utilizando un mapeo de antena seleccionado, por ejemplo el mapeo b . Una WTRU de recepción, que tiene mapeos t , u y v de antena actualmente disponibles, responde a la única CTF utilizando cada uno en los mapeos t , u y v de antena disponibles, y se calcula una matriz de calibración para cada mapeo $b \rightarrow t$, $b \rightarrow u$ y $b \rightarrow v$ de antena. De este modo, se reduce la señalización de calibración requerida disminuyendo así el retardo en la calibración e incrementando el rendimiento global.

En una realización alternativa, en la que el sistema de comunicación inalámbrico cumple con los estándares IEEE 802.x, la PDU de sondeo incluye un campo de bits de secuencia de control de modulación (MCS, modulation control sequence). El campo de bits MCS es un elemento de información (IE, information element) MAC que indica el tamaño del conjunto de candidatos de mapeo de antena de la WTRU de recepción, y el mapeo de antena seleccionado actualmente en la WTRU de recepción. Preferentemente, el campo de bits MCS tiene una longitud de 5 bits. Opcionalmente, el campo de bits MCS incluye un "indicador de recorrido" de un bit que permite a una WTRU de transmisión solicitar a una WTRU de recepción que cambie su actual conjunto de candidatos de mapeos de antena.

Una WTRU de transmisión puede solicitar a una WTRU de recepción que cambie su conjunto de candidatos de mapeo de antena si la WTRU de transmisión no puede encontrar un mapeo de antena en el receptor que satisfaga sus requisitos de calidad, por ejemplo. En estas circunstancias, si la WTRU de recepción está capacitada para cambiar su conjunto de candidatos, puede indicar que cambiará inmediatamente su conjunto de candidatos de mapeo de antena utilizando una nueva trama de gestión MAC.

ES 2 345 218 T3

Cuando una WTRU de transmisión desea cambiar su conjunto de candidatos por cualquiera de las diversas razones posibles (por ejemplo, si la WTRU de transmisión no puede encontrar un mapeo de antena propio a partir del conjunto de candidatos actual, que satisfaga sus requisitos de calidad), la WTRU de transmisión puede indicar un cambio del conjunto de candidatos a la WTRU de recepción enviando una trama de gestión MAC. A continuación, la WTRU de transmisión puede cambiar inmediatamente su conjunto de candidatos de mapeo de antena y seleccionar para la transmisión un mapeo de antena adecuado de entre los mapeos en el nuevo conjunto de candidatos.

Alternativamente, una WTRU de transmisión puede solicitar a una WTRU de recepción desactivar completamente su mapeo de antena. Esta solicitud puede ser transmitida a la WTRU de recepción en una PPDU. Tras la recepción de la PPDU con la solicitud, la WTRU de recepción puede o no acceder a la solicitud. La conformidad por parte de la WTRU de recepción puede ser indicada mediante una PPDU de sondeo. Cuando la WTRU de recepción es conforme con la solicitud, el mapeo de antena seleccionado actualmente en la WTRU de recepción permanece estático y no puede cambiar.

En referencia a la figura 5, se muestra un diagrama de un formato de trama PPDU, de una PPDU 500 de trama de aprendizaje de calibración (CTF) de acuerdo con una realización de la invención. Debe observarse que mientras el formato de trama mostrado en la figura 5 es conforme con los estándares IEEE 802.11n, la presente invención puede ser aplicada a cualesquiera estándares IEEE. Se utiliza una CTF para solicitar la transmisión de un paquete de sondeo desde la WTRU de recepción para calibración de canal. La PPDU 500 de CTF tiene un campo 510 de aprendizaje corto legado (L-STF, legacy short-training field) seguido de un campo 520 de aprendizaje largo de rendimiento global elevado (HT-LTF, high-throughput long training field), un campo 530 de señal de rendimiento global elevado (HT-SIG, high-throughput SIGNAL), y un campo 540 de datos. EL L-STF 510 tiene el mismo formato que los campos de aprendizaje corto legados (pre-802.11n). El HT-LTF 520 es un campo definido en 802.11n PHY y se utiliza con aprendizaje de transmisión MIMO. El HT-SIG 530 es un campo definido en 802.11n que indica el esquema seleccionado de modulación y codificación y el tamaño de la unidad datos de servicio MAC (MSDU, MAC service data unit).

El campo MCS 535 incluye información relativa a calibración y selección de mapeo de antena, tal como: 1) indicación del mapeo de antena seleccionado utilizado en la transmisión de la PPDU; 2) indicación de una solicitud para el sondeo del conjunto completo de candidatos en serie o en paralelo; 3) indicación de una solicitud para cambiar el tamaño del conjunto de candidatos; 4) un bit de recorrido para solicitar una actualización del conjunto de candidatos de mapeo de antena de la WTRU de recepción; y 5) una indicación de una solicitud para que una WTRU de recepción mantenga temporalmente una selección de mapeo de antena.

En referencia a la figura 6, se muestra un diagrama de un formato de trama 600 de PPDU de sondeo. De nuevo, debe observarse que mientras el formato de trama mostrado es conforme con los estándares IEEE 802.11n, la presente invención puede ser aplicada a cualesquiera estándares IEEE. La PPDU de sondeo incluye un campo legado 610 de aprendizaje corto (L-STF, legacy short-training field), un campo 615 de aprendizaje largo de rendimiento global elevado (HT-LTF), un campo 620 de señal de rendimiento global elevado (HT-SIG), un campo 625 de secuencia de modulación y control (MCS, Modulation and Control Sequence), seguido por una serie de HT-LTFs adicionales 630₁ hasta 630_N, y un campo 635 de datos. El HT-SIG 620 incluye dos bits que indican el tamaño del conjunto de candidatos y cinco bits que indican el número total N de campos 630 de aprendizaje largo de rendimiento global elevado (HT-LTFs) incluidos en la PPDU. Por consiguiente, en la PPDU puede ser incluido un HT-LTF para cada mapeo de antena de un conjunto de candidatos. Preferentemente, tal como se ha descrito anteriormente, el conjunto de candidatos puede ser tan pequeño como de 1 y tan grande como de 32. Cada uno de los HT-LTFs (615 y 630) en la PPDU es transmitido utilizando un mapeo de antena diferente seleccionado entre el conjunto de candidatos. El mapeo de antena seleccionado utilizado transmitiendo el primer HT-LTF 615 así como el campo 635 de datos se indica en el campo MCS 625. El campo MCS puede incluir asimismo bits adicionales para indicar: 1) una solicitud de MANTENER/LIBERAR, de la selección continua del mapeo de antena en la estación de recepción; 2) una confirmación de MANTENER/LIBERAR, del cambio de mapeo de antena en respuesta a una solicitud de MANTENER/LIBERAR recibida previamente; 3) una confirmación de una solicitud recibida previamente en una trama de aprendizaje de calibración (CTF), para una búsqueda completa del conjunto de candidatos; y 4) una confirmación de una solicitud recibida previamente en una CTF, para un cambio en el tamaño del conjunto de candidatos.

En referencia a la figura 7, se muestra el formato 700 de trama MAC de la trama de datos PPDU de sondeo de la figura 6. Los campos MAC incluyen un campo 705 de control de trama, un campo 710 de duración/ID, un campo 715 de dirección del receptor (RA, receiver address), un campo 720 de dirección del transmisor (TA, transmitter address), un campo 725 de unidad de datos de servicio MAC (MSDU, MAC service data unit) y un campo 730 de secuencia de comprobación de trama (FCS, Frame Check Sequence). En una realización de la invención, la MSDU 725 puede incluir bits que indican la confirmación de MANTENER/LIBERAR del cambio de mapeo de antena en respuesta a una solicitud de MANTENER/LIBERAR recibida, tal como se ha discutido anteriormente con referencia a la figura 5 y al campo 535 MCS. Reduciendo la actualización del conjunto de candidatos, pueden reducirse así la calibración y la señalización asociada incrementando de ese modo el rendimiento global.

REIVINDICACIONES

5 1. Método para utilizar en una unidad de transmisión/recepción inalámbrica, WTRU, para seleccionar un mapeo de antena, en el que un mapeo de antena es una combinación de una sola cadena de radiofrecuencia seleccionada entre una serie de cadenas de radiofrecuencia y de un solo haz de antena seleccionado entre una serie de haces de antena, el método **caracterizado** porque comprende además:

10 ajustar un conjunto de candidatos de mapeos de antena disponibles actualmente, disponible para selección mediante la WTRU en base a mediciones de canal a largo plazo;

 seleccionar un mapeo de antena en la WTRU a partir del conjunto de candidatos de mapeos de antena disponibles actualmente;

15 determinar en la WTRU si el mapeo de antena seleccionado y el mapeo de antena de una segunda WTRU están calibrados;

 calibrar el mapeo de antena seleccionado en respuesta a la determinación de que el mapeo de antena seleccionado no está calibrado; y

20 transmitir paquetes de datos desde la WTRU a la segunda WTRU utilizando el mapeo de antena seleccionado calibrado.

25 2. El método de la reivindicación 1, en el que la calibración comprende además:

 transmitir desde la WTRU una trama de aprendizaje de calibración, CTF;

 recibir en la WTRU una unidad de datos por paquetes de capa física de sondeo, PPDU, en respuesta a la CTF.

30

3. El método de la reivindicación 2, en el que la WTRU lleva a cabo una estimación de canal para el mapeo de antena seleccionado en base a la PPDU recibida.

35 4. El método de la reivindicación 2, que comprende además:

 recibir en la WTRU una PPDU de sondeo;

40 llevar a cabo una estimación de canal para el mapeo de antena seleccionado en la WTRU en base a la PPDU recibida.

5. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

45 calcular una matriz de calibración del mapeo de antena seleccionado.

6. El método de la reivindicación 5, en el que la matriz de calibración del mapeo de antena seleccionado se utiliza para calcular una matriz de dirección para la transmisión de paquetes de datos.

50 7. El método de la reivindicación 1, en el que la WTRU incluye por lo menos una antena de conformación del haz.

8. El método de la reivindicación 2, en el que la CTF incluye un campo de bits de esquema de modulación y codificación de capa física, MCS.

55 9. El método de la reivindicación 8, en el que el campo de bits MCS incluye una indicación del mapeo de antena seleccionado utilizado para la transmisión de la CTF mediante la WTRU.

60 10. El método de la reivindicación 8, en el que el campo de bits MCS incluye una indicación de una solicitud para el sondeo del conjunto completo de candidatos en serie o en paralelo.

11. El método de la reivindicación 8, en el que el campo de bits MCS incluye un campo de bits de recorrido para solicitar una actualización de un conjunto de candidatos de mapeo de antena de la segunda WTRU.

65 12. El método de la reivindicación 8, en el que el campo de bits MCS incluye una solicitud para detener temporalmente la selección de mapeo de antena.

ES 2 345 218 T3

13. El método de la reivindicación 2, en el que la PPDU de sondeo incluye una serie de campos de aprendizaje largo de rendimiento global elevado, HT-LTFs, uno para cada mapeo de antena de un conjunto de candidatos a calibrar.

5 14. El método de la reivindicación 13, en el que una serie de mapeos de antena son calibrados secuencialmente utilizando la serie de HT-LTFs.

15. El método de la reivindicación 13, en el que una serie de mapeos de antena son calibrados simultáneamente utilizando la serie de HT-LTFs.

10 16. El método de la reivindicación 2, en el que la PPDU de sondeo incluye un campo de bits de una unidad de datos de servicio de la capa de control de acceso al medio MAC, MSDU.

15 17. El método de la reivindicación 16, en el que el campo de bits MSDU incluye una solicitud para la selección continua del mapeo de antena.

18. El método de la reivindicación 16, en el que el campo de bits MSDU incluye una confirmación de selección continua del mapeo de antena.

20 19. El método de la reivindicación 16, en el que el campo de bits MSDU incluye una confirmación de una solicitud de búsqueda completa del conjunto de candidatos de mapeo de antena.

20. El método de la reivindicación 16, en el que el campo de bits MSDU incluye una confirmación de una solicitud para cambiar el tamaño de un conjunto de candidatos de mapeo de antena.

25 21. Una unidad de transmisión/recepción inalámbrica WTRU (320) de múltiple entrada/múltiple salida, MIMO, para seleccionar un mapeo de antena, en la que un mapeo de antena es una combinación de una sola cadena de radiofrecuencia seleccionada entre una serie de cadenas de radiofrecuencia y un solo haz de antena seleccionado entre una serie de haces de antena, comprendiendo la WTRU:

30 una serie de antenas (326A-326m) que incluye por lo menos una antena de conformación del haz;

una serie de cadenas de RF (322A, 322B) para procesamiento de señal;

35 un selector (324) del haz para acoplar selectivamente la serie de antenas a la serie de cadenas de RF, estando configurado el selector del haz para seleccionar un mapeo de antena entre un conjunto de candidatos de mapeos de antena en base a condiciones de canal actuales; y **caracterizado** por

40 una unidad de calibración (328) configurada para medir condiciones de canal y calibrar un canal, y para ajustar el conjunto de candidatos de mapeos de antena en base a mediciones de canal a largo plazo.

22. La WTRU de la reivindicación 21, en la que la unidad de calibración (328) comprende además:

45 un procesador para calcular matrices de estimación de canal, y para calcular matrices de calibración en función de las matrices de estimación de canal calculadas; y

una memoria para almacenar las matrices de estimación de canal calculadas y las matrices de calibración calculadas.

50 23. La WTRU de la reivindicación 22, en la que la unidad de calibración (328) está configurada para calibrar una serie de mapeos de antena y almacenar en la memoria las matrices de calibración calculadas para su utilización posterior.

55 24. La WTRU de la reivindicación 23, en la que la unidad de calibración (328) está configurada para calibrar secuencialmente la serie de mapeos de antena.

25. La WTRU de la reivindicación 23, en la que la unidad de calibración (328) está configurada para calibrar simultáneamente la serie de mapeos de antena.

60 26. La WTRU de la reivindicación 21, en la que la unidad de calibración (328) está configurada para calibrar un canal mediante el recurso de calcular una matriz de calibración.

65

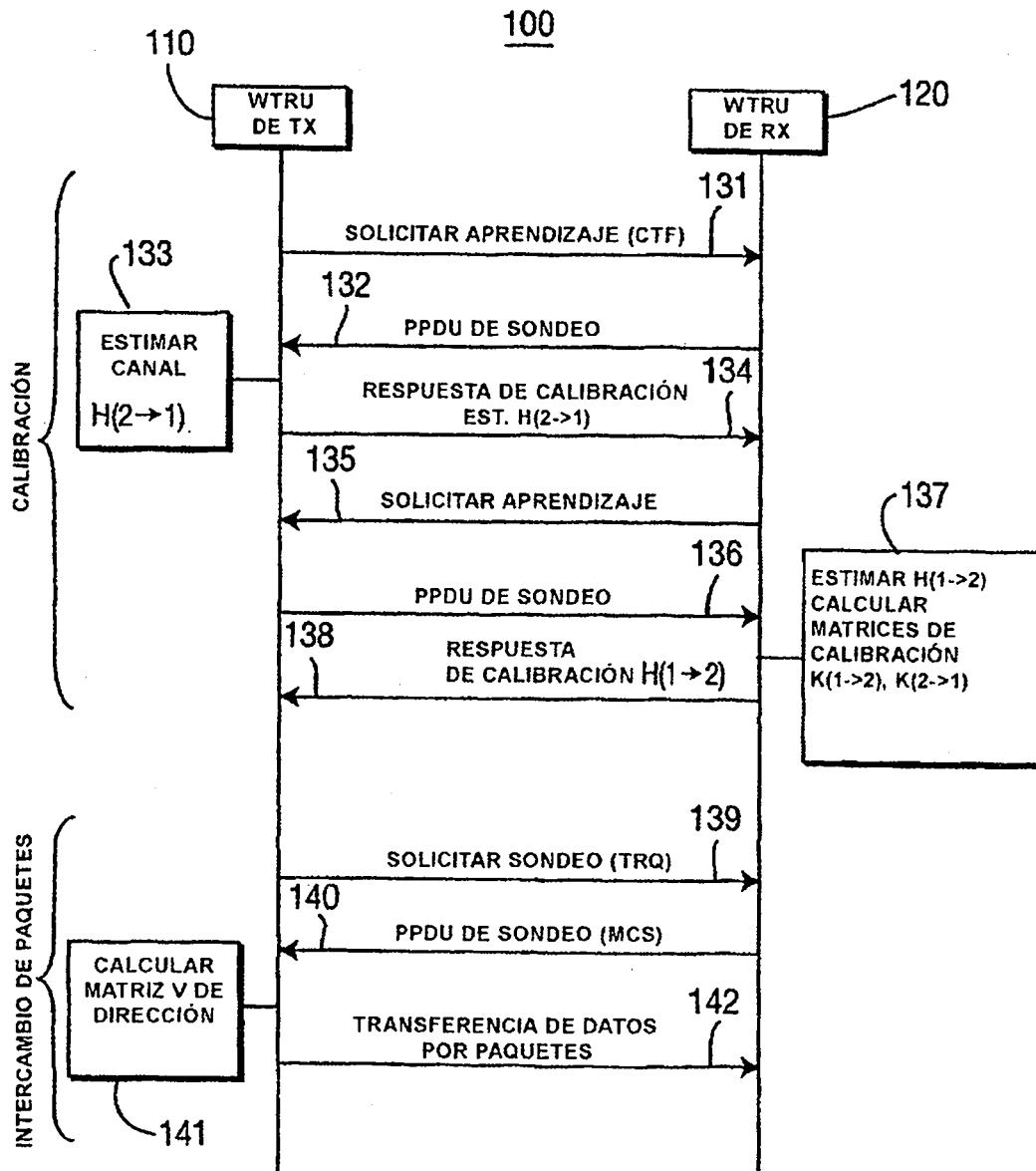


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

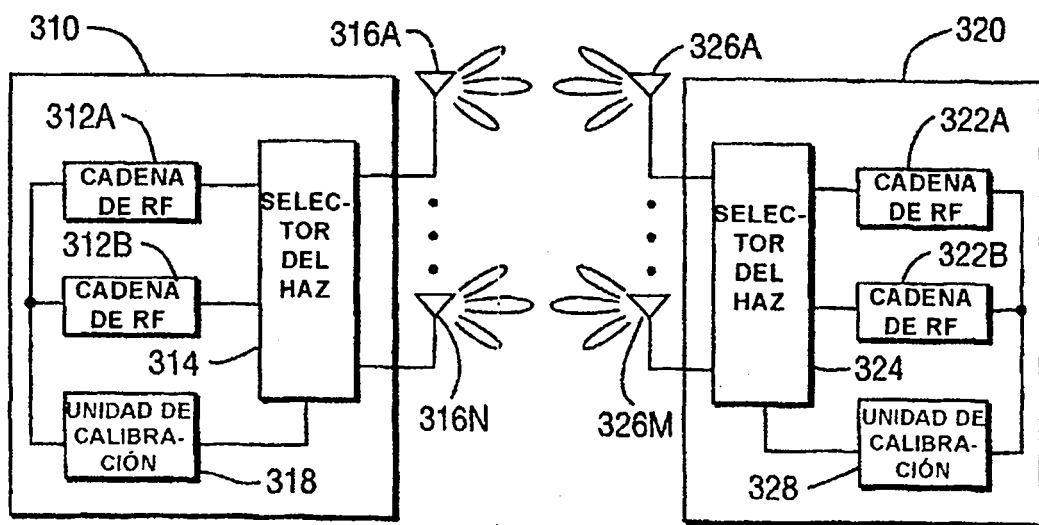
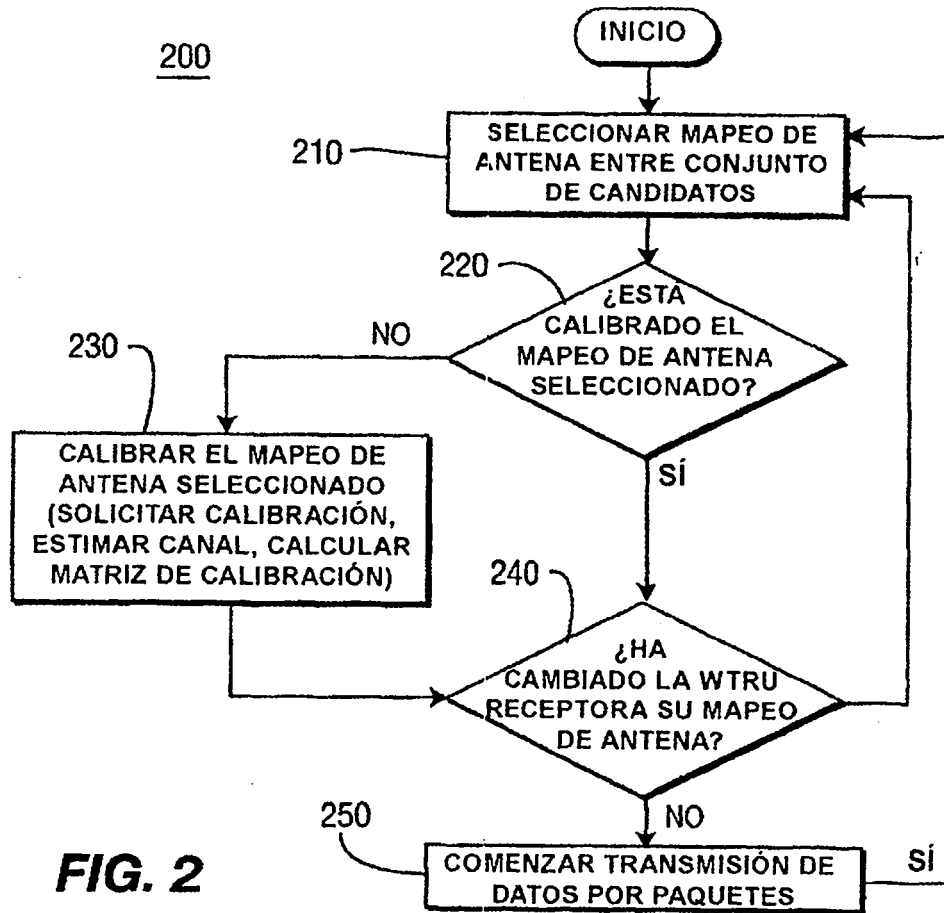
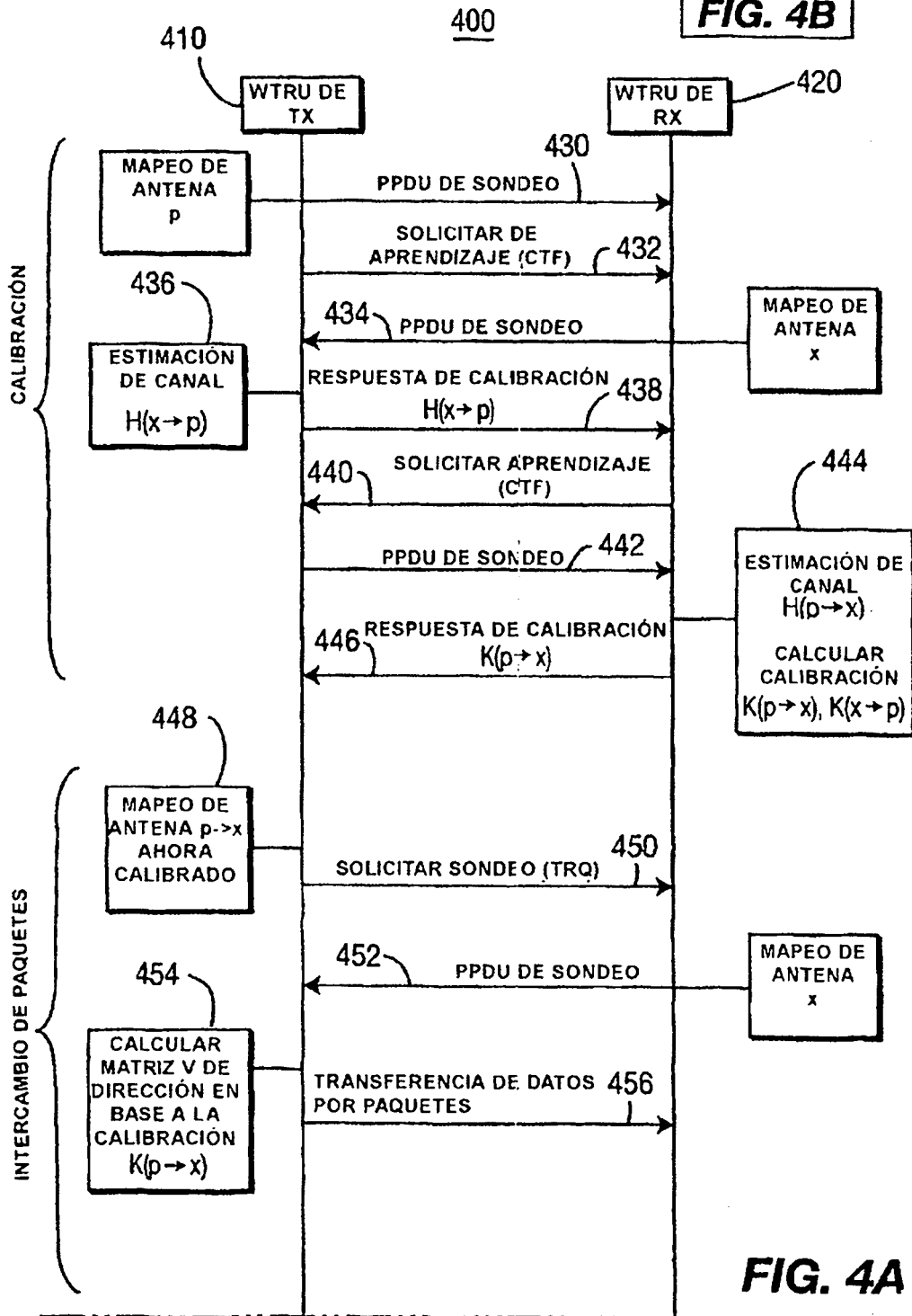


FIG. 4

FIG. 4A

FIG. 4B



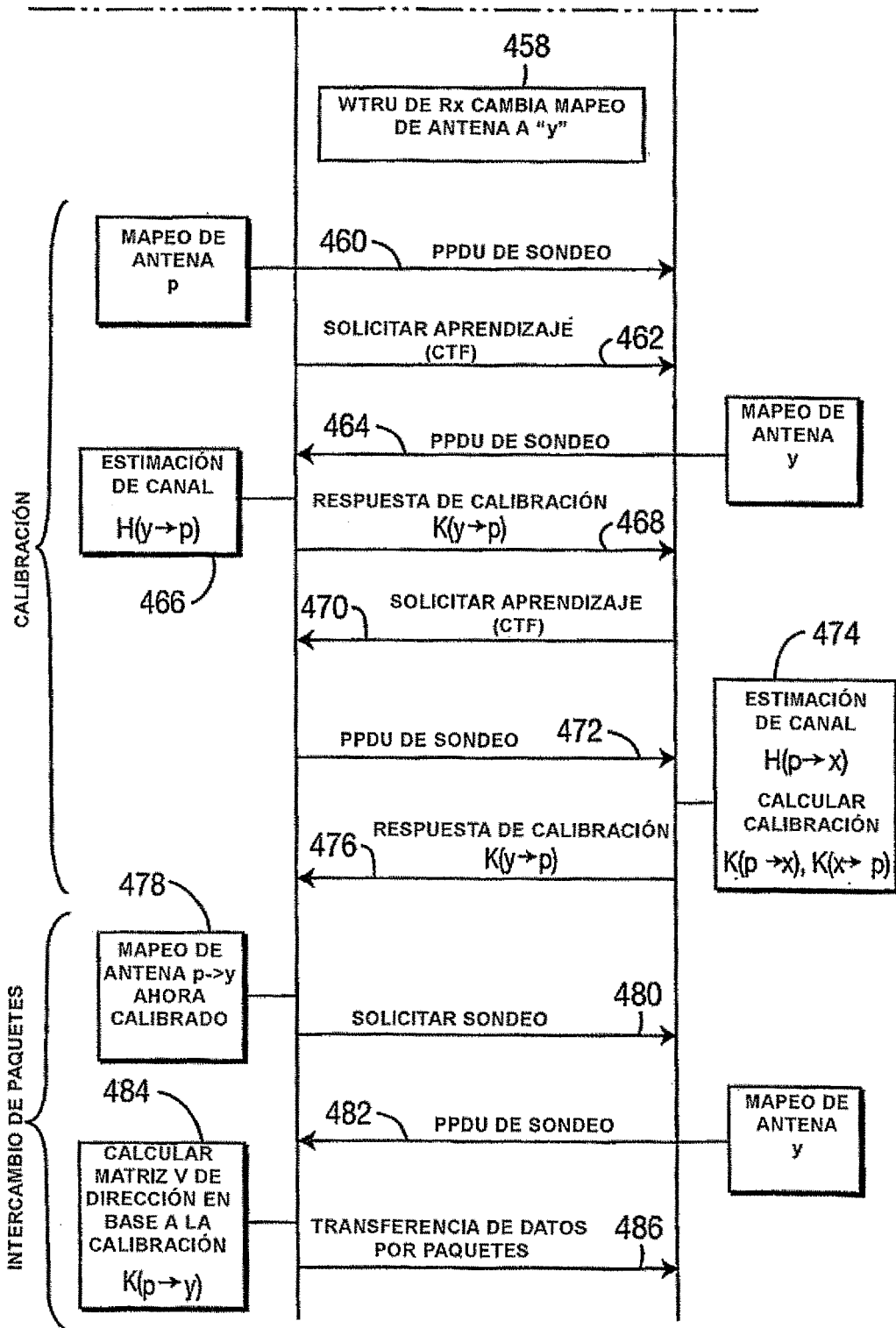


FIG. 4B

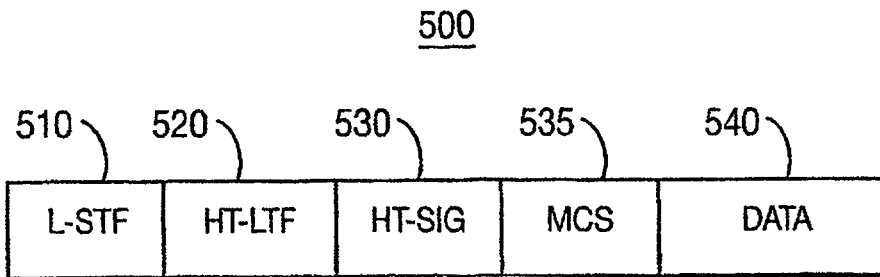


FIG. 5

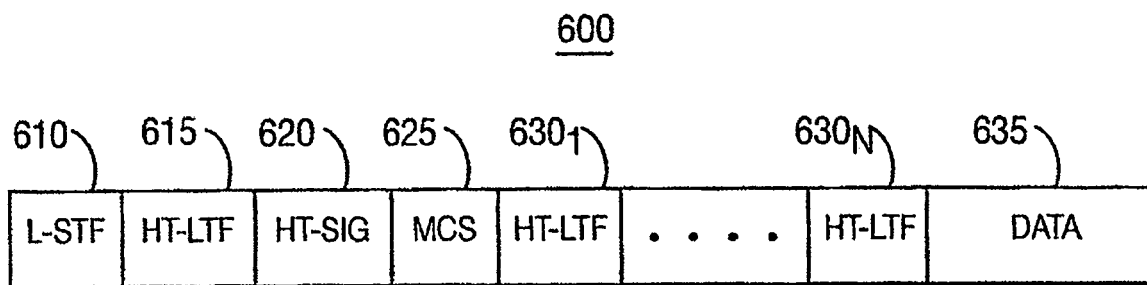


FIG. 6

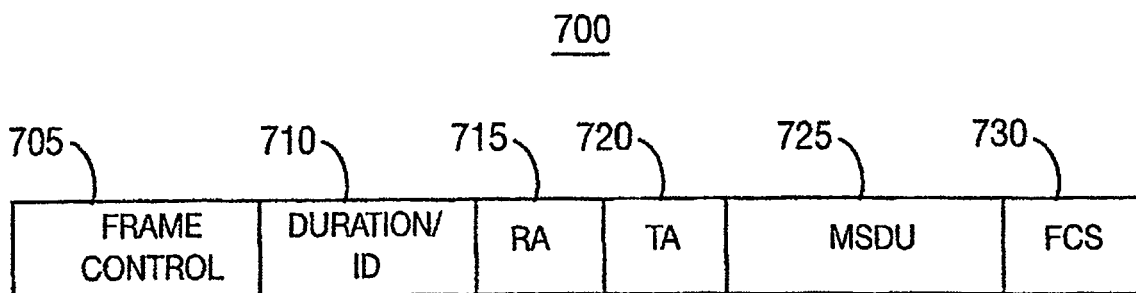


FIG. 7