

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 082**

51 Int. Cl.:

**H01Q 3/30** (2006.01)  
**H04B 7/06** (2006.01)  
**H04L 5/14** (2006.01)  
**H04L 25/02** (2006.01)  
**H04L 25/03** (2006.01)  
**H01Q 3/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2007 E 07814467 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2074699**

54 Título: **Conformación de haz de enlace descendente asistida móvil con realimentación de ponderación de antena**

30 Prioridad:

**03.10.2006 US 538432**

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

**24.03.2015**

73 Titular/es:

**MOTOROLA MOBILITY LLC (100.0%)  
600 North US Highway 45  
Libertyville, IL 60048, US**

72 Inventor/es:

**WANG, FAN;  
BENES, STANLEY, J.;  
GHOSH, AMITAVA y  
TAN, JUN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 532 082 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

Conformación de haz de enlace descendente asistida móvil con realimentación de ponderación de antena

### Campo de la invención

5 Esta invención se refiere en general a comunicación móvil y más específicamente, a conformación de haz de enlace descendente desde estaciones base a dispositivos móviles con múltiples antenas receptoras.

### Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de comunicaciones se definen generalmente en términos de sus parámetros de comunicaciones (por ejemplo, tasa de datos, ancho de banda de canal, tipo de modulación, etc.). Los parámetros de comunicaciones de los sistemas de comunicaciones se eligen según las características del canal de comunicaciones y el tipo de comunicaciones requeridas.

15 En los sistemas de comunicaciones móviles, la propagación de señales entre unidades que comunican está afectada por las características de multitrayecto y desvanecimiento que varían rápidamente del canal de comunicaciones. Consecuentemente los parámetros de comunicaciones para tales sistemas de comunicaciones móviles se eligen teniendo en cuenta las variaciones de las características de ganancia y retardo del canal debidas a los efectos del multitrayecto y el desvanecimiento.

Generalmente los parámetros de comunicaciones de un sistema de comunicaciones son fijos. No obstante, para maximizar el rendimiento del sistema en un sistema de comunicaciones móviles, es ventajoso optimizar continuamente los parámetros de comunicaciones del sistema de comunicaciones según el estado actual del canal de comunicaciones que varía rápidamente.

20 A fin de optimizar continuamente los parámetros de comunicaciones de un sistema de comunicaciones móviles, se recoge información precisa, en tiempo real, sobre las características de los canales de comunicaciones. La información entonces se procesa y los parámetros de comunicaciones del sistema se optimizan según las características del canal actual.

25 A principios de la década de 1970, se desarrollaron propuestas para determinar información de sondeo de canal directo. En un sistema de comunicaciones que usa un sondeador de canal directo, la unidad móvil transmite un tono o secuencia conocidos en un enlace ascendente a una Estación Base (BS). Las BS son radios de dos vías multicanales de media a alta potencia que están en una ubicación fija y sirven como puntos de acceso entre dispositivos móviles y el resto de un sistema de comunicación. La estación base entonces procesa la información y transmite en un enlace descendente los parámetros de comunicaciones deseados a la unidad móvil para uso en comunicaciones futuras entre las dos unidades que comunican. Para sistemas TDD, el canal de RF de enlace descendente (DL) es similar al canal de RF de enlace ascendente (UL) y de esta manera se puede derivar en la BS usando una señal de sondeo de enlace ascendente.

35 Un método conocido de aumento del rendimiento de comunicación es a través de "conformación de haz" de antena. La conformación de haz es una técnica de procesamiento de señal usada con una formación de antenas, donde la direccionalidad de un patrón de radiación se controla ajustando la fase de las antenas coordinadas. Cuando se transmite una señal, se puede usar una conformación de haz para aumentar la ganancia en la dirección de la señal que va a ser enviada ajustando la fase de cada antena para crear picos y nulos en el patrón de radiación.

40 Un ejemplo de una unidad móvil que comunica con las BS es una unidad móvil con dos antenas de recepción, pero solamente una antena de transmisión. La información de canal de DL se usa para realizar adecuadamente la conformación de haz de enlace descendente de las antenas de la estación base. En sistemas TDD, las señales de sondeo de UL desde la antena de transmisión única de la unidad móvil no proporcionan la información de canal de DL desde las antenas de la BS a la(s) antena(s) que no transmite(n) sino que solamente recibe(n) de la unidad móvil. En sistemas FDD, la información de canal de UL estimada de la señal de sondeo de UL difiere del canal de DL dado que el UL y DL están en una frecuencia portadora diferente.

45 La US 2004/178954 A1 describe un método y aparato para transmisión multiantena en un sistema de comunicación de múltiples entradas, múltiples salidas donde se realimentan al transmisor un número reducido de matrices de ponderación de transmisión.

50 La US 2006/094435 A1 describe un método para comunicar estimaciones de canal en una pluralidad de subportadoras entre un dispositivo que transmite y un dispositivo que recibe donde el dispositivo que transmite determina unas estimaciones de canal en una pluralidad de subportadoras y entonces codifica las estimaciones de canal en al menos una forma de onda de canal codificada.

Por lo tanto existe una necesidad de superar los problemas con la técnica anterior como se trata más adelante.

**Compendio de la invención**

En un primer aspecto, la invención proporciona un método en un receptor de comunicaciones de RF, como se reivindica en la reivindicación 1.

5 En un aspecto adicional, la invención proporciona un método en un receptor de comunicaciones de RF, como se reivindica en la reivindicación 3.

**Breve descripción de los dibujos**

10 Las figuras anexas donde números de referencia iguales se refieren a elementos idénticos o similares funcionalmente en todas las vistas separadas y que junto con la descripción detallada de más adelante se incorporan en y forman parte de la especificación, sirven para ilustrar aún más diversas realizaciones y explicar diversos principios y ventajas todos según la presente invención.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una red de comunicación ejemplar.

La FIG. 2 es un gráfico de TDD que muestra la relación entre DL, UL, sondeo de UL y transmisión de datos relacionada según una realización de la presente invención.

15 La FIG. 3 es un diagrama de flujo de operación de un primer esquema de FDMA de TDD según una realización de la presente invención.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de operación de un segundo esquema de FDMA de TDD según una realización de la presente invención.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques que ilustra un controlador de estación base ejemplar según una realización de la presente invención.

20 La FIG. 6 ilustra interconexiones de RF entre múltiples antenas de estación base, un receptor de estación base y una antena de estación base a través de una unidad de ponderación, según una realización de la presente invención.

**Descripción detallada**

25 Según se requiera, se describen en la presente memoria realizaciones detalladas de la presente invención; no obstante, se tiene que entender que las realizaciones descritas son meramente ejemplares de la invención, las cuales se pueden encarnar de varias formas. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos descritos en la presente memoria no se tienen que interpretar como limitantes, sino meramente como una base para las reivindicaciones y como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica a emplear diversamente la presente invención virtualmente en cualquier estructura detallada adecuadamente. Además, los

30 términos y frases usados en la presente memoria no se pretende que sean limitantes; sino más bien, que proporcionen una descripción comprensible de la invención.

Los términos "un" o "uno", como se usan en la presente memoria, se definen como uno o más de uno. El término "pluralidad", como se usa en la presente memoria, se define como dos o más de dos. El término "otro", como se usa en la presente memoria, se define como al menos un segundo o más. Los términos "que incluyen" y/o "que tienen", como se usan en la presente memoria, se definen como que comprenden (es decir, lenguaje abierto). El término

35 "acoplado", como se usa en la presente memoria, se define como conectado, aunque no necesariamente de forma directa y no necesariamente de forma mecánica.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un sistema para conformación de haz de enlace descendente en una red de comunicación inalámbrica FDD y en una red de comunicación inalámbrica TDD que tiene dispositivos transmisores/receptores móviles, conocidos en la presente memoria como "unidades de abonado" (SU), normalmente con un número mayor de antenas de recepción que de antenas de transmisión. Según las realizaciones de la presente invención, la SU determina ponderaciones de conformación de haz de enlace descendente a ser aplicadas a las antenas de transmisión de una "estación base" (BS) en base a la transmisión de enlace descendente previa para símbolos piloto específicos de antena de enlace descendente. Las ponderaciones

40 de conformación de haz de enlace descendente, en un ejemplo, son números complejos, que se aplican a señales de enlace descendente transmitidas para formar un patrón de transmisión adaptado a canales de propagación entre cada antena de transmisión de la estación base y cada antena de recepción de la SU móvil. La SU comunica las ponderaciones de conformación de haz determinadas usando el canal de sondeo de enlace ascendente. La BS combina la señal recibida en las subportadoras de símbolo de sondeo para determinar las ponderaciones de BS

45 para cada antena y entonces forma los haces correspondientes para cada antena receptora de SU en base a las ponderaciones recibidas desde la SU en el canal de sondeo de enlace ascendente.

La FIG. 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones 100. Una primera unidad de comunicaciones 102 es una BS y una segunda unidad de comunicaciones 104 es una SU. La BS 102 incluye tanto un transmisor 106 como un receptor 108 acoplados operativamente a una formación de cuatro antenas BSAnt-0,

BSAnt-1, BSAnt-2 y BSAnt-3, para comunicar con la SU 104. El acoplamiento del transmisor 106 y el receptor 108 a la formación de cuatro antenas BSAnt-0, BSAnt-1, BSAnt-2 y BSAnt-3 se logra a través de una unidad de ponderación 150. Las interconexiones de la unidad de ponderación 150 se muestran en la FIG. 6.

5 Como se puede ver en la FIG. 6, la unidad de ponderación 150, incluye un conjunto de multiplicadores de ponderación de transmisión  $T_xw_0$ ,  $T_xw_1$ ,  $T_xw_2$  y  $T_xw_3$  y un conjunto de multiplicadores de ponderación de recepción  $R_xw_0$ ,  $R_xw_1$ ,  $R_xw_2$  y  $R_xw_3$ . Uno separado de los multiplicadores de ponderación  $T_xw_0$ ,  $T_xw_1$ ,  $T_xw_2$  y  $T_xw_3$  se acopla entre el transmisor 106 y cada una de las antenas de la BS, BSAnt-0 602, BSAnt-1 604, BSAnt-2 606 y BSAnt-3 608, respectivamente. Cada multiplicador,  $T_xw_0$ ,  $T_xw_1$ ,  $T_xw_2$  y  $T_xw_3$ , multiplica la señal de transmisión por una ponderación compleja específica  $w_0$ ,  $w_1$ ,  $w_2$  y  $w_3$ , respectivamente.

10 De manera similar, un conjunto de multiplicadores de ponderación de recepción  $R_xw_0$ ,  $R_xw_1$ ,  $R_xw_2$  y  $R_xw_3$  se acoplan entre el receptor 108 y cada una de las antenas de la BS, BSAnt-0 602, BSAnt-1 604, BSAnt-2 606 y BSAnt-3 608, respectivamente. Cada multiplicador,  $R_xw_0$ ,  $R_xw_1$ ,  $R_xw_2$  y  $R_xw_3$ , multiplica la señal de recepción por una ponderación especificada  $w_0$ ,  $w_1$ ,  $w_2$  y  $w_3$ , respectivamente.

15 La BS 102 se controla por un controlador 118. El controlador 118 es el cerebro detrás de la BS 102 y maneja la asignación de canales radio, recibe las mediciones desde las SU, fija la ponderación de conformación de haz para las antenas de transmisión y de recepción y controla los trasposos de BS a BS. Adicionalmente, las bases de datos para los emplazamientos, que incluyen información tal como frecuencias portadoras, listas de salto de frecuencia, niveles de reducción de potencia, niveles de recepción para cálculo de borde de celda, se almacenan en o acoplan comunicativamente al controlador 118.

20 La SU 104 incluye un receptor 114 acoplado operativamente a dos antenas de recepción SUAnt-0 160 y SUAnt-1 162 y también incluye un transmisor 112 acoplado operativamente a la SUAnt-0 160, que es tanto una antena de transmisión como de recepción. Por lo tanto, hay 4 antenas de transmisión en la BS 102 y 2 antenas de recepción en la SU 104. En este ejemplo, hay ocho canales de propagación de enlace descendente de BS a SU - un canal desde cada antena de transmisión de la BS a cada antena de recepción de la SU.

25 La SU 104 opera bajo el control de un controlador/procesador de dispositivo 120, que controla el envío y recepción de señales de comunicación inalámbricas. En el modo de recepción, el controlador de dispositivo 120 acopla eléctricamente las antenas SUAnt-0 160 y SUAnt-1 162 a través de un combinador de señal de transmisión/recepción 122 al receptor 114. El receptor 114 decodifica las señales recibidas y proporciona esas señales decodificadas al controlador de dispositivo 120.

30 En el modo de transmisión, el controlador de dispositivo 120 acopla eléctricamente el transmisor 112 a la antena SUAnt-0 160 a través del combinador de señal de transmisión/recepción 122. El controlador de dispositivo 120 opera el transmisor 112 y el receptor 114 según las instrucciones almacenadas en una memoria 124.

35 La SU 104, en una realización, es capaz de comunicar inalámbricamente datos usando el estándar IEEE 802.16e, los estándares del 3GPP/3GPP2 o cualquier otro esquema de comunicación que soporte Dúplex por División en el Tiempo (TDD) o Dúplex por División en Frecuencia (FDD). Según lo dispuesto por el esquema de comunicación TDD, los canales de enlace ascendente (UL) y de enlace descendente (DL) son simétricos después de la calibración de la antena de la BS.

40 La FIG. 2 muestra un diagrama de temporización para un esquema de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) de TDD. En un sistema de comunicaciones que usa un esquema OFDMA de TDD se asignan a las unidades de comunicaciones intervalos de tiempo en una única frecuencia para transmisión y recepción de señales.

El canal de propagación de RF entre cada antena de BS que transmite y cada antena de MS para una subportadora  $k$  se indica como se muestra en la Tabla A.

TABLA A.

	BS Ant-0	BS ant-1	BS ant-2	BS ant-3
MS ant-0	H00[k]	H10[k]	H20[k]	H30[k]
MS ant-1	H01[k]	H11[k]	H21[k]	H31[k]

45 donde H es el canal de propagación de RF.

El diagrama de flujo del proceso de la FIG. 3, muestra una primera realización de la presente invención. El proceso comienza en el paso 300 y se mueve directamente al paso 302, donde la BS 102 transmite una señal de datos a la SU 104 que, a su vez, recibe la señal de datos en el paso 304. Anterior a la SU 104 que responde transmitiendo una

señal de datos de vuelta a la BS 102, la BS 102 transmite una Señal Piloto Común (CPS) que contiene una señal piloto en el paso 306. La señal piloto común (CPS) enviada por la BS 102 contiene frecuencias subportadoras y se transmite por cada antena de transmisión de la BS 102, como se describe más adelante.

5 La FIG. 2 muestra la relación entre el DL, UL, sondeo de UL y la transmisión de datos de DL relacionada. En el gráfico de TDD de la FIG. 2, el canal de control de DL en la primera trama 202 asigna portadoras de sondeo de UL para la SU 104. La SU 104 transmite una señal de sondeo de UL en las subportadoras asignadas en la siguiente trama de UL 204. En la siguiente trama 206 o varias tramas más tarde si hay un retardo de procesamiento, la BS forma un haz de DL en base a la señal de sondeo de UL recibida.

10 Básicamente, hay un piloto común de DL, es decir, una señal piloto de DL sin ponderación (conformación de haz) en la señal piloto. La SU calcula las ponderaciones de antena de la BS en base a los pilotos comunes de DL de cada antena de la BS. La SU transmite una señal de sondeo de UL, que transporta las ponderaciones de antena calculadas anteriormente. La BS entonces forma el haz de DL para transmitir los datos de DL usando las ponderaciones de antena comunicadas a través de la señal de sondeo de UL. En un uso convencional de las señales de sondeo de UL, no hay información transportada en la señal de sondeo. Es decir, la señal de sondeo en los sistemas convencionales es similar a la señal de referencia.

Tabla 1

$$\begin{array}{l}
 \text{Subportadora } i \text{ --- } S(i) = w_0 (H_{00}(i) + H_{10}(i) + H_{20}(i) + H_{30}(i))^H \\
 \vdots \\
 \text{Subportadora } i+D \text{ --- } S(i+D) = w_1 (H_{00}(i+D) + H_{10}(i+D) + H_{20}(i+D) + H_{30}(i+D))^H \\
 \vdots \\
 \text{Subportadora } i+2D \text{ --- } S(i+2D) = w_2 (H_{00}(i+2D) + H_{10}(i+2D) + H_{20}(i+2D) + H_{30}(i+2D))^H \\
 \vdots \\
 \text{Subportadora } i+3D \text{ --- } S(i+3D) = w_3 (H_{00}(i+3D) + H_{10}(i+3D) + H_{20}(i+3D) + H_{30}(i+3D))^H
 \end{array}$$

$w_k$  Ponderación de conformación de haz para antena k de la BS  
 $D$  Factor de decimación

donde el superíndice<sup>H</sup> representa la conjugada de un número complejo.

20 En un sistema TDD, a fin de identificar el canal de propagación de RF de DL entre antenas individuales, se transmite un subconjunto de las subportadoras de UL desde cada antena de transmisión móvil. La subportadora  $i$  está en la antena de transmisión 0, la subportadora  $i + D$  está en la antena de transmisión 1, la subportadora  $i + 2D$  está en la antena de transmisión 2, etc. El factor de Decimación es el número de subportadoras entre subportadoras de sondeo adyacentes asignado a este móvil.

25 La SU 104 recibe la señal de piloto común (CPS) de DL en el paso 308 después de un periodo corto, debido a los retardos de propagación del canal y del sistema y procesa el piloto común. La SU 104 entonces estima los parámetros de canal de una forma conocida y calcula las ponderaciones de conformación de haz de enlace descendente  $w_0$  para BSAnt-0,  $w_1$  para BSAnt-1,  $w_2$  para BSAnt-2 y  $w_3$  para BSAnt-3 en el paso 310 que van a ser aplicadas a las antenas de la BS.

30 Después de estimar los parámetros de canal, la SU 104 transmite, en el paso 312,  $S(i)$  en la subportadora  $i$ ,  $S(i+D)$  en la subportadora  $i+D$ ,  $S(i+2D)$  en la subportadora  $i+2D$  y  $S(i+3D)$  en la subportadora  $i+3D$  como se definió anteriormente, después de modular el producto del valor complejo que corresponde a las ponderaciones de antena, como se calculó en el paso 310 y la conjugada de la suma de los valores complejos que corresponden a las respuestas de las respuestas de los canales. La modulación en una realización incluye modular una señal de modulación respectiva en cada subportadora de enlace ascendente dentro de  $n$  subportadoras de enlace ascendente, en donde cada señal de modulación respectiva comprende un valor complejo respectivo que

35 corresponde a un factor de ponderación de antena de transmisión de enlace descendente respectiva dentro de los factores de ponderación de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente. La modulación de las subportadoras, como se describió anteriormente, es capaz de ser representada como que modula una señal respectiva en una primera subportadora dentro de las  $n$  subportadoras de enlace ascendente con una primera ponderación de antena que corresponde a al menos un flujo de datos de enlace descendente respectivo desde el transmisor remoto al receptor; y modular una  $m$ -sima de las  $n$  subportadoras con un valor complejo que corresponde a una ponderación de antena de orden  $m$  que corresponde a al menos un flujo de datos de enlace descendente respectivo desde el transmisor remoto al receptor, donde cada subportadora de enlace ascendente se separa de

40

5 cada una de las otras subportadoras de enlace ascendente en un factor de decimación, en donde  $1 < m \leq n$ . La modulación de algunas realizaciones de la presente invención se describe además sumando, para producir una primera suma, los valores complejos que corresponden al canal de propagación de RF respectivo para la primera subportadora entre n antenas de transmisión de estación base y una antena de recepción dentro de la al menos una antena de recepción que es capaz de transmitir; calculando una conjugada de la primera suma; multiplicando la primera ponderación de antena de enlace descendente por la conjugada de la primera suma para producir la señal de modulación respectiva; y escalando la señal de modulación respectiva para la primera subportadora. Algunas realizaciones cuantifican el valor complejo que corresponde a las ponderaciones de antena anterior a multiplicar la ponderación de antena por la conjugada de la suma de las respuestas de canal. Esta transmisión es simultánea en tiempo y solamente desde la antena de la SU SUAnt-0 160. Además, el escalado se puede añadir en  $S(i)$ ,  $S(i+D)$ ,  $S(i+2D)$  y  $S(i+3D)$  para reducir la relación de potencia pico a media de la señal de transmisión.

La BS 102, en el paso 316, recibe señales en cada una de las antenas de recepción, que se muestran en la Tabla 2 más adelante.

TABLA 2.

Subportadora	BS ant-0: R0	BS ant-1: R1	BS ant-2: R2	BS ant-3 R3
i	$S(i)*H_{00}(i)$	$S(i)*H_{10}(i)$	$S(i)*H_{20}(i)$	$S(i)*H_{30}(i)$
i+D	$S(i+D)*H_{00}(i+D)$	$S(i+D)*H_{10}(i+D)$	$S(i+D)*H_{20}(i+D)$	$S(i+D)*H_{30}(i+D)$
i+2D	$S(i+2D)*H_{00}(i+2D)$	$S(i+2D)*H_{10}(i+2D)$	$S(i+2D)*H_{20}(i+2D)$	$S(i+2D)*H_{30}(i+2D)$
i+3D	$S(i+3D)*H_{00}(i+3D)$	$S(i+3D)*H_{10}(i+3D)$	$S(i+3D)*H_{20}(i+3D)$	$S(i+3D)*H_{30}(i+3D)$

15 En la TABLA 2, R0 es la señal recibida en la BS ant-0, R1 es la señal recibida en la BS ant-1, R2 es la señal recibida en la BS ant-2, R3 es la señal recibida en la BS ant-3,

Según una de realización de la presente invención para sistemas TDD, todas las señales recibidas en todas las antenas en la subportadora i se añaden juntas en el paso 318 y la señal recibida se representa como:

$$20 \quad r(i) = R_0(i) + R_1(i) + R_2(i) + R_3(i) \\ = S(i)(H_{00}(i) + H_{10}(i) + H_{20}(i) + H_{30}(i))$$

A continuación, en el paso 320, el valor de s(i) como se define en la tabla 1, que se transmite por la SU 104, se inserta en la fórmula para resolver el valor ponderado codificado para producir:

$$r(i) = w_0 |H_{00}(i) + H_{10}(i) + H_{20}(i) + H_{30}(i)|^2$$

25 En el paso 322, todas las señales recibidas en todas las antenas en la subportadora i+D se añaden juntas y la señal recibida se representa como:

$$r(i+D) = R_0(i+D) + R_1(i+D) + R_2(i+D) + R_3(i+D) \\ = S(i+D)(H_{00}(i+D) + H_{10}(i+D) + H_{20}(i+D) + H_{30}(i+kD)) \\ = w_1 |H_{00}(i+D) + H_{10}(i+D) + H_{20}(i+D) + H_{30}(i+D)|^2$$

En los pasos 324 y 326, todas las señales recibidas en todas las antenas en las subportadoras i+2D e i+3D, respectivamente, se añaden juntas. En resumen,

$$r(i+kD) = R_0(i+kD) + R_1(i+kD) + R_2(i+kD) + R_3(i+kD) \\ = S(i+kD)(H_{00}(i+kD) + H_{10}(i+kD) + H_{20}(i+kD) + H_{30}(i+kD)) \\ = w_k |H_{00}(i+kD) + H_{10}(i+kD) + H_{20}(i+kD) + H_{30}(i+kD)|^2$$

30 donde k=0, 1, 2, 3.

A partir de la señal recibida  $r(i+kD)$ , se derivan las fases para las ponderaciones de conformación de haz  $w_k$  en el paso 328 según la siguiente fórmula:

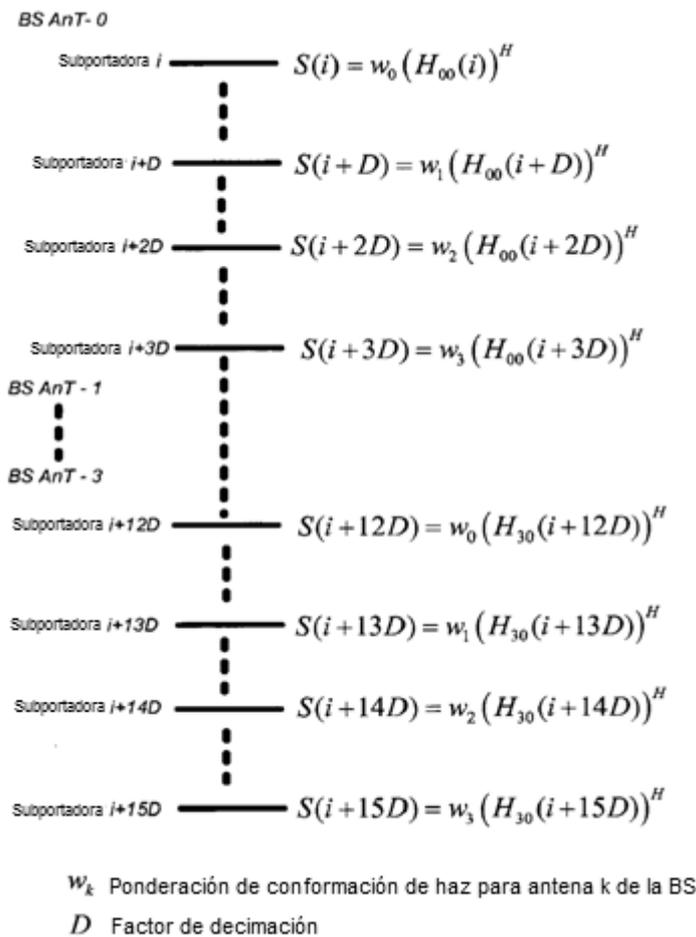
$$Fase(w_k) = \text{Atan} \left( \frac{\text{Im}(r(i+kD))}{\text{Re}(r(i+kD))} \right)$$

5 Donde  $\text{Atan}()$  es la función Arcotangente,  $\text{Im}()$  es la parte imaginaria de un número complejo y  $\text{Re}()$  es la parte real de un número complejo.

10 Los valores de fase derivados se usan entonces, en el paso 330, en la BS 102 en una "conformación de haz de igual ganancia", es decir, la amplitud de las ponderaciones de conformación de haz son constantes y la fase de las ponderaciones de conformación de haz son las de la fórmula anterior, para transmitir datos a la SU 104 utilizando la ponderación derivada  $w_k$  para cada una de las antenas de transmisión BSAnt-0 hasta BSAnt-3. El proceso finaliza en el paso 332.

En otra realización de la presente invención para sistemas TDD, como se muestra en el diagrama de flujo del proceso de la FIG. 4, la SU 104 una vez más estima los parámetros de canal y calcula las ponderaciones de conformación de haz de enlace descendente  $w_0$  para la BS ant-0,  $w_1$  para la BS ant-1,  $w_2$  para la BS ant-2 y  $w_3$  para la BS ant-3, justo como se hizo en el paso 302 de la FIG. 3.

15 En un segundo paso, 404, la SU 104 transmite una señal de UL que contiene 16 subportadoras de símbolo de sondeo. Estas subportadoras se reciben y procesan por las antenas de la BS en grupos de cuatro. Por ejemplo, la antena de la BS 0 recibe la subportadora  $i$ ,  $i + D$ ,  $i + 2D$  e  $i + 3D$ , la antena de la BS 1 recibe las subportadoras  $i + 4D$ ,  $i + 5D$ ,  $i + 6D$  e  $i + 7D$  y así sucesivamente.



20 En la BS 102, en un paso 406, la señal recibida en la BSAnt-0 en la subportadora  $i$ , la BSAnt-1 en la subportadora  $i+4D$ , la BSAnt-2 en la subportadora  $i+8D$  y la BSAnt-3 en la subportadora  $i+12D$  se añaden y la señal combinada resultante es:

$$r_0 = R_0(i) + R_1(i+4D) + R_2(i+8D) + R_3(i+12D)$$

$$= S(i)H_{00}(i) + S(i+4D)H_{10}(i) + S(i+8D)H_{20}(i) + S(i+12D)H_{30}(i)$$

A continuación, en el paso 408, S(i), S(i+4D), S(i+8D) y S(i+12D), desde el diagrama de subportadora inmediatamente anterior, se conectan en la fórmula para r<sub>0</sub>, con el siguiente resultado:

$$r_0 = w_0 \left( |H_{00}(i)|^2 + |H_{10}(i+4D)|^2 + |H_{20}(i+8D)|^2 + |H_{30}(i+12D)|^2 \right)$$

5 Entonces, en el paso 410, la señal recibida en la BSAnt-0 en la subportadora i+kD, la señal recibida en la BSAnt-1 en la subportadora i+(4+k)D, la señal recibida en la BSAnt-2 en la subportadora i+(8+k)D y la señal recibida en la BSAnt-3 en la subportadora i+(12+k)D se combinan de manera similar para formar la señal recibida r<sub>k</sub>.

$$r_k = w_k \left( |H_{00}(i+kD)|^2 + |H_{10}(i+(4+k)D)|^2 + |H_{20}(i+(8+k)D)|^2 + |H_{30}(i+(12+k)D)|^2 \right)$$

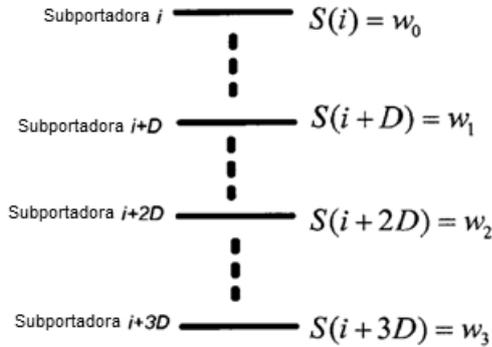
La fase de w<sub>k</sub> se detecta a partir de r<sub>k</sub> en el paso 412.

$$10 \quad \text{Fase}(w_k) = \text{Atan} \left( \frac{\text{Im}(r_k)}{\text{Re}(r_k)} \right)$$

Donde Atan() es la función Arcotangente, Im() es la parte imaginaria de un número complejo y Re() es la parte real de un número complejo. El proceso finaliza en el paso 414.

15 En otra realización de la presente invención tanto para sistemas FDD como TDD, la SU 104 una vez más estima los parámetros del canal y calcula las ponderaciones de conformación de haz de enlace descendente w<sub>0</sub> para la BS ant-0, w<sub>1</sub> para la BS ant-1, w<sub>2</sub> para la BS ant-2 y w<sub>3</sub> para la BS ant-3, justo como se hizo en el paso 302 de la FIG. 3.

En el segundo paso, como en el paso 312 de la FIG. 3, la SU transmite las ponderaciones de antena en las subportadoras de sondeo de UL.



w<sub>k</sub> Ponderación de conformación de haz para antena k de la BS

D Factor de decimación

20 Después de recibir la señal de sondeo de UL, el receptor de la BS estima primero las características del canal de UL usando señales de referencia transmitidas en el canal de sondeo de UL (no mostrado en la figura anterior) o usando otra transmisión de datos de UL con técnicas conocidas. Entonces, el receptor de la BS determina los factores de ponderación de antena de conformación de haz de DL según

$$\hat{w}_k = \frac{\left( R_0(i+kD)\hat{H}_{00}(i+kD)^H + R_1(i+kD)\hat{H}_{10}(i+kD)^H + R_2(i+kD)\hat{H}_{20}(i+kD)^H + R_3(i+kD)\hat{H}_{30}(i+kD)^H \right)}{\left( |\hat{H}_{00}(i+kD)|^2 + |\hat{H}_{10}(i+kD)|^2 + |\hat{H}_{20}(i+kD)|^2 + |\hat{H}_{30}(i+kD)|^2 \right)}$$

25 donde R<sub>0</sub>(i+kD) es la señal del receptor en la BSAnt-0 en la subportadora i+kD, R<sub>1</sub>(i+kD) es la señal del receptor en la BSAnt-1 en la subportadora i+kD, R<sub>2</sub>(i+kD) es la señal del receptor en la BSAnt-2 en la subportadora i+kD,

$R3(i+kD)$  es la señal del receptor en la BSAnt-3 en la subportadora  $i+kD$ .  $\hat{H}_{00}(i+kD)$  es el canal de UL estimado desde la MSAnt-0 a la BSAnt-0 en la subportadora  $i+kD$ ,  $\hat{H}_{10}(i+kD)$  es el canal de UL estimado desde la MSAnt-0 a la BSAnt-1 en la subportadora  $i+kD$ ,  $\hat{H}_{20}(i+kD)$  es el canal de UL estimado desde la MSAnt-0 a la BSAnt-2 en la subportadora  $i+kD$ ,  $\hat{H}_{30}(i+kD)$  es el canal de UL estimado desde la MSAnt-0 a la BSAnt-3 en la subportadora  $i+kD$ .

- 5 Los factores de ponderación derivados se usan entonces, en el paso 330, en la BS 102 en la conformación de haz de enlace descendente para transmitir datos a la SU 104 utilizando la ponderación derivada  $\hat{w}_k$  para cada una de las antenas de transmisión BSAnt-0 hasta BSAnt-3. El proceso finaliza en el paso 332.

10 Las tres realizaciones son para transmisión de flujo de datos única, es decir, hay un flujo de datos único de conformación de haz desde una BS a un móvil. Un planteamiento similar se puede extender a múltiples flujos de datos. En este caso, hay múltiples flujos de datos simultáneamente desde una BS a una SU o desde una BS a múltiples SU. Cada flujo de datos tiene un conjunto diferente de ponderaciones de conformación de haz. La SU 104 en este caso calcula estos conjuntos de ponderaciones de conformación de haz y realimenta las ponderaciones a la BS.

### Controlador de Estación Base Ejemplar

15 La FIG. 5 es un diagrama de bloques que ilustra una vista detallada de un controlador de BS 500, tal como el controlador de BS 118 de la FIG. 1, según una realización de la presente invención. El controlador de BS 500, en una realización, reside dentro de la BS 102. En otras realizaciones, el controlador de BS 500 reside fuera de y está acoplado comunicativamente con la BS 102. El controlador de BS 500 incluye un procesador 504 que está conectado comunicativamente a una memoria principal 506 (por ejemplo, una memoria volátil), una memoria no volátil 512 y un hardware de adaptador de red 516 que se usa para proporcionar una interfaz a la red 100. El procesador de la BS 504 actúa como un procesador de extracción de ponderación y extrae, demodulando las señales en las subportadoras de enlace ascendente, una pluralidad de ponderaciones de antenas de transmisión de enlace descendente comprimiendo cada uno de los valores complejos respectivos modulados sobre cada subportadora de enlace ascendente respectiva.

25 Una realización de la presente invención se puede adaptar para trabajar con cualquier conexión de comunicaciones de datos incluyendo técnicas analógicas y/o digitales actuales o a través de un mecanismo de interconexión futuro. La BS 500 también incluye una interfaz hombre-máquina ("MMI") 514. La MMI 514, en una realización, se usa para conectar directamente uno o más dispositivos de diagnóstico 528 al controlador de BS 500. Un canal principal del sistema 518 interconecta estos componentes del sistema.

30 El controlador de BS 500 se acopla a un transmisor de sondeo 502 para controlar la transmisión de señales de sondeo a los dispositivos de SU remotos, como se describió anteriormente. El controlador de BS 500 también está acoplado a una unidad de ponderación de Tx/Rx 150 y controla las ponderaciones de las antenas de transmisión (Tx) y las ponderaciones de las antenas de recepción (Rx) que se aplican a cada antena de transmisión y recepción, como se describió anteriormente.

35 Se debería entender a partir de la descripción previa que, en una realización de la presente invención, hay solamente un flujo de datos de enlace descendente transmitido desde la BS a la SU. En otras realizaciones, no obstante, hay más de un flujo de datos transmitido al mismo tiempo desde una BS a una SU (conocido como conformación de haz MIMO de usuario único; MIMO se define como múltiples entradas múltiples salidas que comprende múltiples antenas de transmisión/recepción en las estaciones bases y SU); o desde una BS a múltiples SU (conocido como conformación de haz MIMO multiusuario). Para cada flujo de datos, hay un conjunto de ponderaciones de antenas de estación base. Por lo tanto, si hay dos flujos de datos de enlace descendente por SU necesitan ser realimentados 8 factores de ponderación. Las primeras 4 ponderaciones corresponden al flujo de datos 1 y las segundas 4 ponderaciones corresponden al flujo de datos 2.

45 Aunque las realizaciones ejemplares de la presente invención se describen en el contexto de un sistema informático completamente funcional, los expertos en la técnica apreciarán que las realizaciones son capaces de ser distribuidas como un producto de programa a través de un disco flexible, por ejemplo un disco flexible, CD ROM u otra forma de medios grabables o a través de cualquier tipo de mecanismo de transmisión electrónica.

### Ejemplos no Limitantes

50 Aunque se han descrito realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica comprenderán que se pueden hacer cambios a las realizaciones específicas sin apartarse del alcance de la invención. El alcance de la invención no tiene que estar restringido, por lo tanto, a las realizaciones específicas y se pretende que las reivindicaciones adjuntas cubran cualquiera y todas de tales aplicaciones, modificaciones y realizaciones dentro del alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método en un receptor de comunicaciones de RF, el método que comprende:

5 recibir  $n$  señales piloto de enlace descendente con al menos una antena de recepción (SUAnt-0, SUAnt-1) en un receptor, cada una de las  $n$  señales piloto de enlace descendente que se asocia con una respectiva de  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente (BSAnt-0, BSAnt-1, BSAnt-2, BSAnt-3) en un transmisor remoto que transmite las  $n$  señales piloto de enlace descendente;

10 determinar, en base a las  $n$  señales piloto de enlace descendente recibidas, un canal de propagación de RF respectivo entre cada antena de recepción respectiva dentro de la al menos una antena de recepción en el receptor y cada antena de transmisión de enlace descendente respectiva dentro de  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente en el transmisor remoto; y

15 determinar, en base a las características de cada canal de propagación de RF de enlace descendente respectivo, los factores de ponderación de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente para cada flujo de datos de enlace descendente desde el transmisor remoto al receptor, cada factor de ponderación de antena de transmisión de enlace descendente dentro de los factores de ponderación de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente que corresponden a un factor de ponderación respectivo a ser aplicado a una antena de transmisión de enlace descendente respectiva dentro de  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente y un flujo de datos de enlace descendente respectivo que se transmite desde el transmisor remoto al receptor dentro de al menos un flujo de datos de enlace descendente; caracterizado por:

modular una señal de modulación respectiva sobre una primera de  $n$  subportadoras de enlace ascendente

20 sumar, para producir una primera suma, los valores complejos que corresponden al canal de propagación de RF respectivo para una primera subportadora entre  $n$  antenas de transmisión de estación base y al menos una antena de recepción que transmite en el transmisor remoto;

calcular una conjugada de la primera suma;

25 multiplicar uno primero de los factores de ponderación de las  $n$  antenas de enlace descendente por la conjugada de la primera suma para producir la señal de modulación respectiva;

y

transmitir las primeras subportadoras de enlace ascendente hasta al menos una antena de recepción que transmite que está dentro de al menos una antena de recepción.

30 2. El método según la reivindicación 1 en donde después de calcular una conjugada de la primera suma, el método comprende:

cuantificar la ponderación de la primera antena de enlace descendente.

3. Un método en un receptor de comunicaciones de RF, el método que comprende:

35 recibir  $n$  señales piloto de enlace descendente con al menos una antena de recepción (SUAnt-0, SUAnt-1) en un receptor, cada una de las  $n$  señales piloto de enlace descendente que está asociada con una respectiva de  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente (BSAnt-0, BSAnt-1, BSAnt-2, BSAnt-3) en un transmisor remoto que transmite las  $n$  señales piloto de enlace descendente;

40 determinar, en base a las  $n$  señales piloto de enlace descendente recibidas, un canal de propagación de RF respectivo entre cada antena de recepción respectiva dentro de la al menos una antena de recepción en el receptor y cada antena de transmisión de enlace descendente respectiva dentro de  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente en el transmisor remoto; y

45 determinar, en base a las características de cada canal de propagación de RF de enlace descendente respectivo, los factores de ponderación de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente para cada flujo de datos de enlace descendente desde el transmisor remoto al receptor, cada factor de ponderación de antena de transmisión de enlace descendente dentro de los factores de ponderación de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente que corresponden a un factor de ponderación respectivo a ser aplicado a una antena de transmisión de enlace descendente respectiva dentro de  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente y un flujo de datos de enlace descendente respectivo que se transmite desde el transmisor remoto al receptor dentro de al menos un flujo de datos de enlace descendente; caracterizado por:

modular una señal de modulación respectiva sobre cada subportadora de enlace ascendente

50 identificar  $n$  conjuntos de productos de ponderación, cada uno de los  $n$  conjuntos de productos de ponderación que contiene uno respectivo de los  $n$  productos de ponderación y en donde cada conjunto de productos ponderados

dentro de los  $n$  conjuntos de productos ponderados va a ser recibido por una antena de transmisión de enlace descendente respectiva dentro de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente en el transmisor remoto;

asociar cada producto de ponderación de los  $n \times n$  productos de ponderación con una subportadora respectiva,

5 asociar cada uno de los  $n$  productos de ponderación dentro de cada uno de los  $n$  conjuntos de productos de ponderación con un factor de ponderación de antena de transmisión de enlace descendente asociado dentro de los factores de ponderación de las  $n$  antenas de transmisión de enlace descendente, en donde cada uno de los  $n$  conjuntos de productos de ponderación comprende  $n$  productos de ponderación que está cada uno asociado con diferentes factores de ponderación de antena de transmisión de enlace descendente;

10 asociar cada conjunto de productos de ponderación dentro de los  $n$  conjuntos de productos de ponderación con un canal de propagación de RF asociado respectivo;

calcular cada uno de los productos de ponderación determinando un producto respectivo del factor de ponderación de antena de transmisión de enlace descendente asociado respectivo para ese producto de ponderación y una evaluación del valor complejo del canal de propagación de RF asociado respectivo para la subportadora asociada respectiva asociada con ese producto de ponderación;

15 modular cada una de las subportadoras respectivas con su producto de ponderación asociado; y

transmitir las subportadoras de enlace ascendente a través de al menos una antena de recepción que transmite que está dentro de la al menos una antena de recepción.

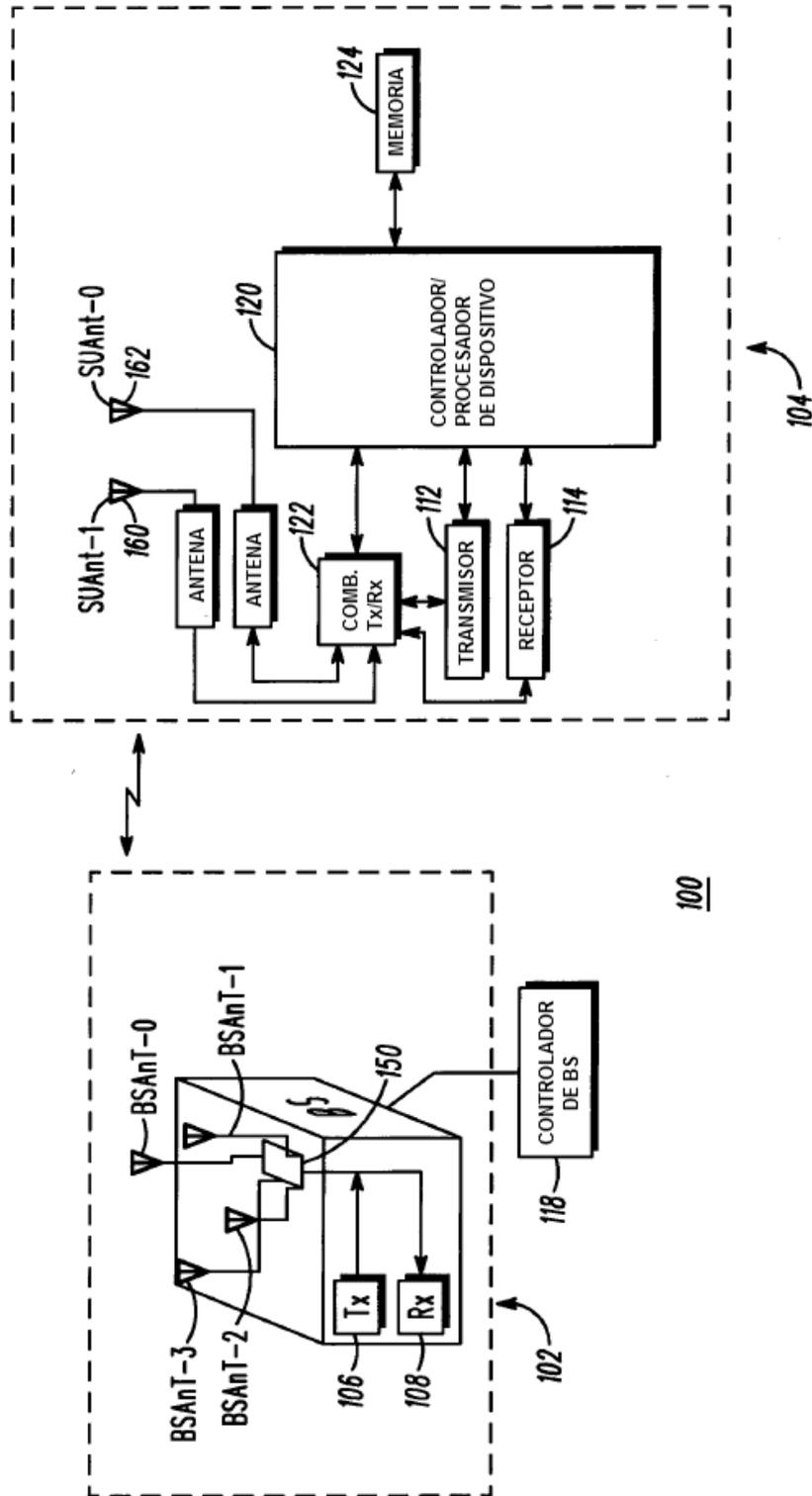


FIG. 1

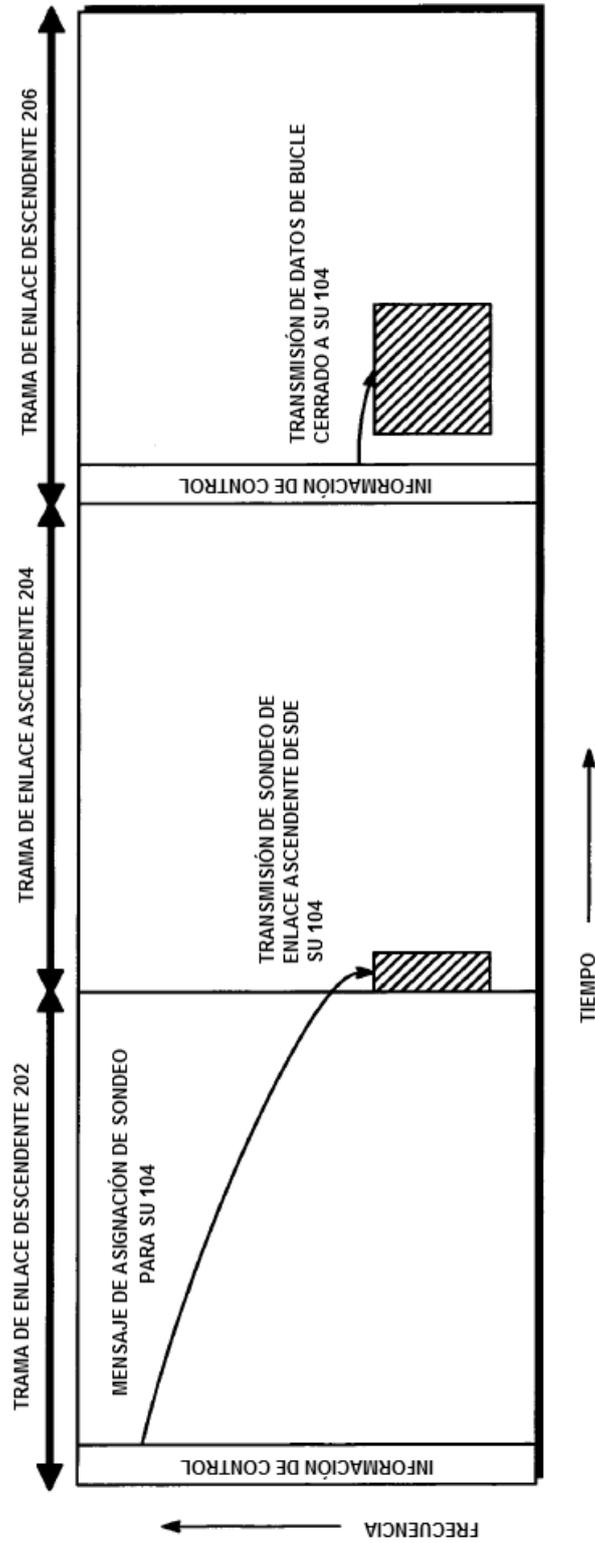
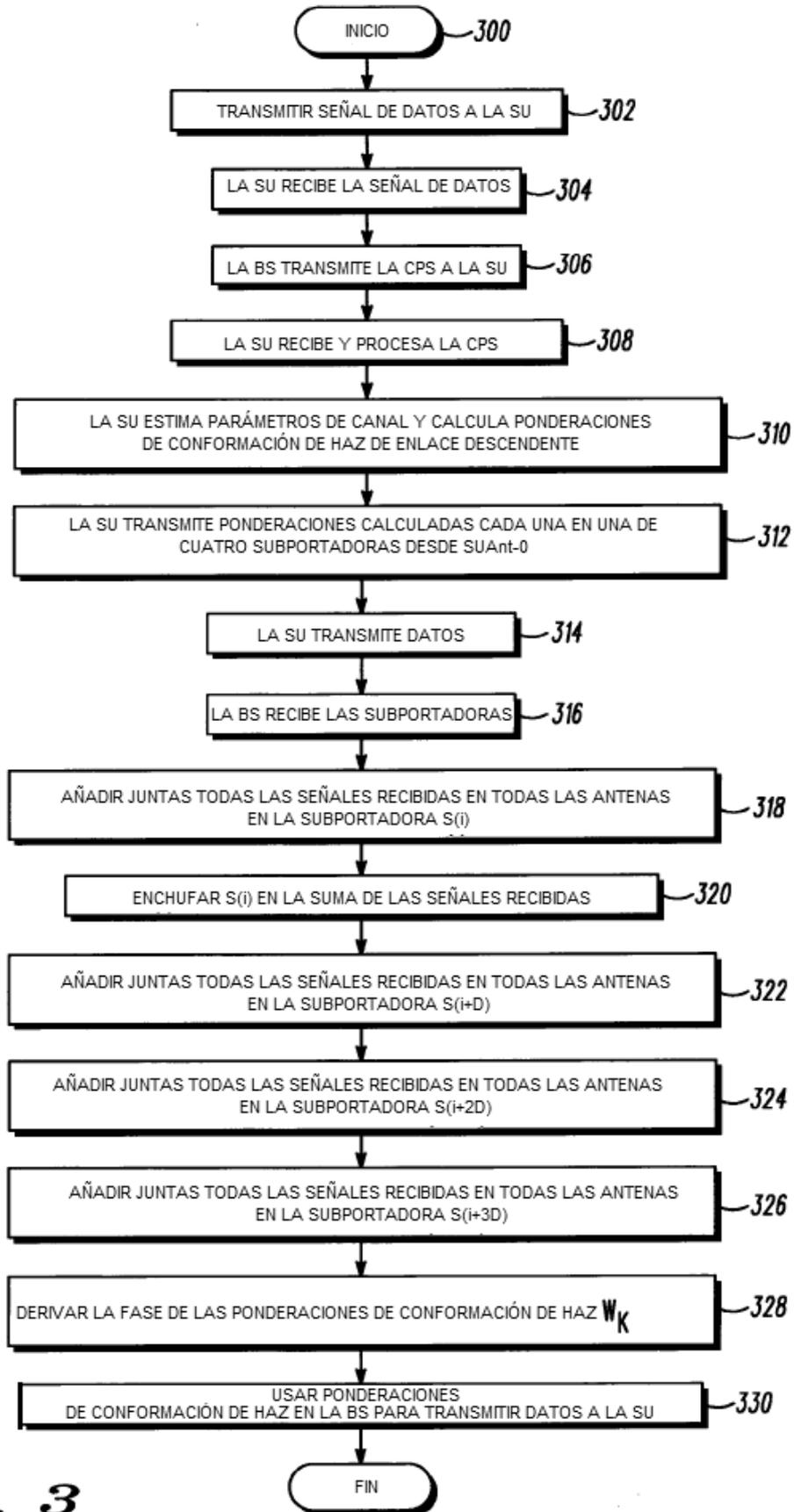
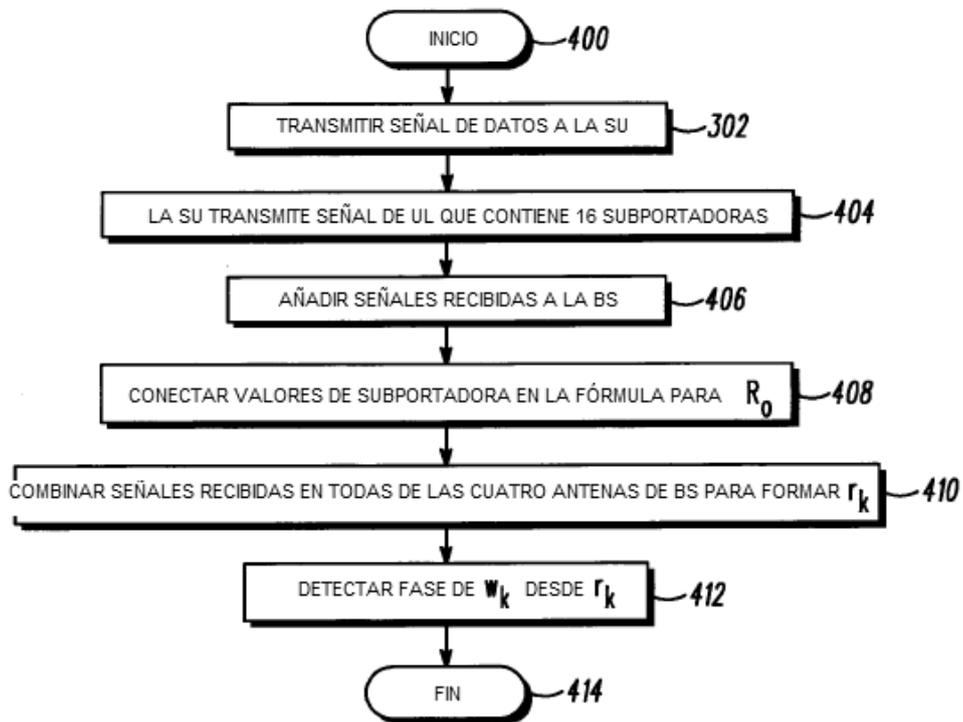


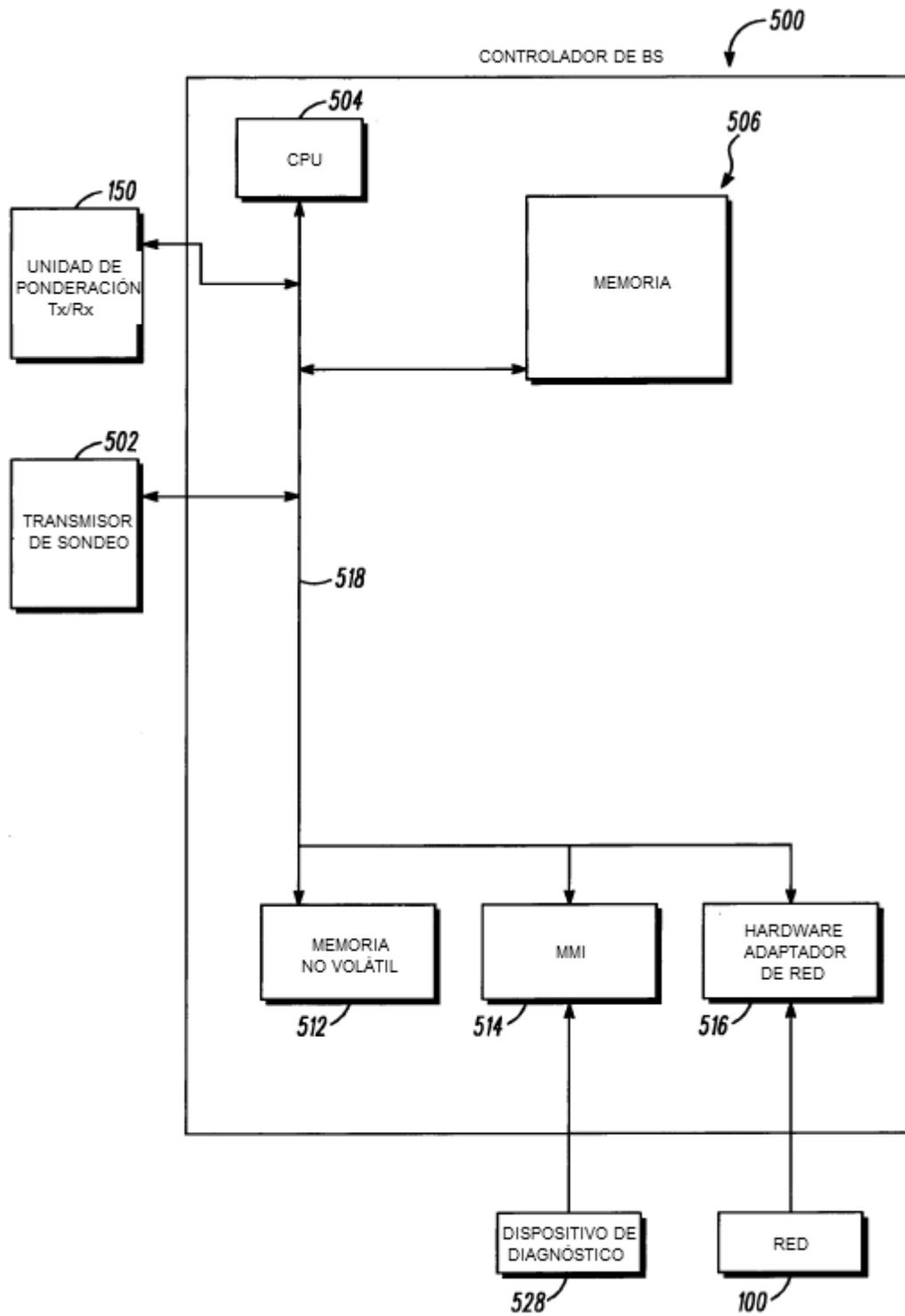
FIG. 2



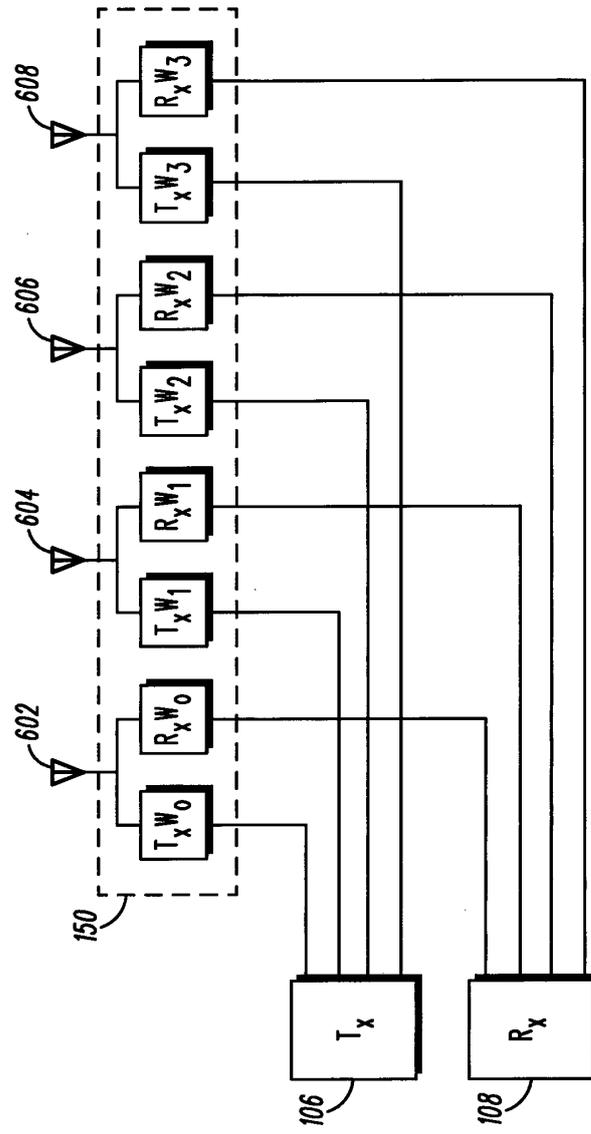
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**