

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 398**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04 (2007.01)

H04L 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2009 PCT/SE2009/051426**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2011 WO11019310**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2009 E 09848316 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2465208**

54 Título: **Dispositivo de antena**

30 Prioridad:

14.08.2009 US 233972 P

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

12.09.2017

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**RINGSTRÖM, MARKUS;
GÖRANSSON, BO;
OVESJÖ, FREDRIK y
ASPLUND, HENRIK**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 632 398 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

Dispositivo de antena

Campo técnico

5 La presente invención versa sobre el campo técnico de las comunicaciones por radio y, en particular, sobre un dispositivo de antena para una estación base de radio, y sobre un método para precodificar datos en un sistema de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO).

Antecedentes

10 La evolución de los estándares de interfaces de radio ha estado muy centrada en mayores velocidades de transferencia de datos, y en la versión 7 del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) se introdujo una tecnología denominada múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Tal tecnología usa múltiples antenas tanto en el transmisor como el receptor para duplicar teóricamente la velocidad de transferencia de datos de enlace descendente usando transmisión de múltiples flujos de datos.

15 Ciertas categorías de equipos de usuario (UE) son capaces de usar tecnología MIMO, pero otras categorías de UE preexistentes no son capaces de usar tecnología MIMO. Una red debe poder soportar tanto los UE habilitados para MIMO como los no habilitados para MIMO. Puede proporcionarse soporte para los UE preexistentes transmitiendo toda la información vital del sistema y los canales de tráfico por una sola antena. Sin embargo, si hay amplificadores de potencia (PA) separados para múltiples antenas, y normalmente los hay, la utilización de los PA dista de ser óptima. Esto se debe a que una antena puede transmitir y recibir muchos más datos que otra antena, lo que representa una infrautilización de recursos. en efecto, no hay compartición de potencia entre los PA.

20 El problema de una compartición desigual de potencial puede mitigarse usando matrices de Butler en una estación transceptora base (BTS), también denominada NodoB. Tales matrices de Butler distribuyen la carga por igual entre los PA, pero tienen el inconveniente de requerir más soporte físico e introducir una pérdida de potencia. Además, las matrices de Butler no siempre son utilizables para el equilibrio de potencia si se correlacionan los flujos de datos procedentes de las antenas transmisoras, como ocurre para el MIMO de flujo simple usado para soportar los UE preexistentes.

25 Otra solución es transmitir todos los canales no usando MIMO desde las antenas mediante el uso de codificación de diversidad espacio-temporal de transmisión (STTD), que es un esquema de diversidad de transmisión de bucle abierto estandarizado en la versión 99 de 3GPP. Tal codificación STTD es soportada por la mayoría de los UE del mercado. Sin embargo, aunque la transmisión STTD mitiga el problema del equilibrio de potencia de los PA y puede ser beneficiosa para los canales comunes, hay menos beneficio para los canales dedicados y, en particular, para el canal compartido de enlace descendente de alta velocidad (HS-DSCH). El uso de la codificación STTD puede en realidad dañar el rendimiento en ciertos casos, especialmente en el HS-DSCH que es un canal compartido y un recurso planificado.

30 Normalmente, la codificación STTD está diseñada para combatir el desvanecimiento rápido, pero, en el caso de un canal planificado, tal como el HS-DSCH, la codificación STTD puede ser perjudicial, porque la ganancia por la planificación surge del desvanecimiento rápido, según se muestra con referencia a los resultados experimentales mostrados en la Figura 4. Además, la equalización de la demodulación en el UE es más difícil cuando se usa STTD, porque la señal y la interferencia intracelular son transmitidas ahora desde dos antenas en lugar de una, lo que significa que hay una mayor tasa de interferencia entre las antenas.

40 El documento WO 2008/033089 A2 da a conocer una unidad transmisora, una unidad de control y un método en una unidad transmisora que comprende al menos dos antenas para transmitir señales relativas a una pluralidad de canales de radio. La unidad transmisora transmite señales relativas a un primer subconjunto de canales desde la primera antena y señales piloto desde la primera antena para ser usadas como referencia para el primer subconjunto de canales. La unidad transmisora está dispuesta, además, para transmitir señales relativas a un segundo subconjunto de canales desde la segunda antena usando una transmisión con una sola antena. La unidad transmisora también transmite señales piloto por un segundo tipo de canal piloto, tal como el S-CPICH, diferente del primer tipo de canal piloto, desde la segunda antena para ser usadas como referencia para el segundo subconjunto de canales, cubriendo el primer tipo y el segundo tipo de canales piloto sustancialmente la misma área.

Compendio

50 Es deseable proporcionar una manera de operar el soporte físico de las comunicaciones de radio con mayor eficacia, y reducir al menos algunos de los problemas de equilibrio de potencia anteriormente mencionados.

Los objetos de la invención son resueltos por medio del aparato según la reivindicación 1 y el método según la reivindicación 6. Las respectivas reivindicaciones dependientes dan desarrollos ventajosos del método y el aparato según la invención.

Breve descripción de los dibujos

Otras características de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferentes mostradas a título de ejemplo únicamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la **Figura 1** muestra un diagrama de una red de comunicaciones móviles para describir realizaciones de la invención;
- 5 la **Figura 2** es un diagrama esquemático de un dispositivo de antena según una realización de la invención;
- la **Figura 3** muestra un diagrama de flujo que ilustra un método según una realización de la invención; y
- la **Figura 4** es una serie de trazados que muestran resultados experimentales del desvanecimiento con y sin codificación de diversidad espacio-temporal de transmisión (STTD).

Descripción detallada

10 La Figura 1 muestra un diagrama de una red de comunicaciones móviles para describir realizaciones de la invención, designada generalmente 10. La red 10 de comunicaciones móviles comprende una red central 12 en comunicación con una estación transceptora base (BTS) 14, alternativamente denominado NodoB, o estación base de radio. La BTS 14 tiene una disposición 16 de antenas para la comunicación con al menos un dispositivo 18 de usuario. Junto con la BTS 14, la disposición 16 de antenas y el al menos un dispositivo 18 de usuario forman un sistema 19 de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO).

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un dispositivo de antena según una realización de la invención, designado generalmente 20. Las características semejantes a las disposiciones de la Figura 1 son mostradas con número de referencia semejantes. En la Figura 2 el dispositivo 20 de antena es un dispositivo situado dentro de la BTS 14 de la Figura 1. La Figura 2 muestra que el dispositivo 20 de antena comprende un precodificador MIMO 22 en comunicación con un precodificador secundario 24, también denominado precodificador común. El precodificador MIMO 22 tiene una primera entrada 26 y una segunda entrada 28 para recibir flujos de datos MIMO 1 y 2, respectivamente. Las entradas 26, 28 están en comunicación con una primera salida 30 y una segunda salida 32 del precodificador MIMO 22. El precodificador MIMO 22 es un elemento conocido según el Estándar Técnico 25.214 del Proyecto de Asociación de Tercera Generación y no será descrito adicionalmente salvo que para mencionar que es operable con un conjunto conocido de coeficientes de ponderación de precodificación w_1, w_2, w_3, w_4 . Los coeficientes de ponderación de precodificación w_1 y w_3 son escalares de valor real constante, y los coeficientes de ponderación de precodificación w_2 y w_4 son escalares de valor complejo variable. Los coeficientes de ponderación w_1, w_2, w_3, w_4 están dados por:

$$w_3 = w_1 = 1/\sqrt{2}$$

$$30 \quad w_4 = -w_2$$

$$w_2 \in \left\{ \frac{1+j}{2}, \frac{1-j}{2}, \frac{-1+j}{2}, \frac{-1-j}{2} \right\}$$

El precodificador secundario 24 tiene un primer puerto 34 de entrada, un segundo puerto 36 de entrada, un primer puerto 38 de salida y un segundo puerto 40 de salida. Los puertos 34, 36 de entrada pueden denominarse puertos de antena virtual v_1, v_2 , y los puertos 38, 40 de salida pueden denominarse puertos de antena física p_1, p_2 . Cada puerto 38, 40 de salida está en comunicación con un respectivo amplificador 42, 44 de potencia, que, a su vez, está en comunicación con una respectiva antena de la disposición 16 de antenas. Se apreciará que la disposición 16 de antenas mostrada comprende una antena compuesta MIMO con antenas doblemente polarizadas con inclinación de $+45^\circ/-45^\circ$ según disposiciones conocidas. Tales antenas doblemente polarizadas con inclinación de $+45^\circ/-45^\circ$ son, con mucho, la instalación de sitio utilizada de forma más común. El primer puerto 30 de salida del precodificador MIMO 22 está en comunicación con el primer puerto 34 de entrada del precodificador secundario 24. El segundo puerto 32 de salida del precodificador MIMO 22 está en comunicación con el segundo puerto 36 de entrada del precodificador secundario 24.

Una señal introducida en el primer puerto 34 de entrada es dividida e introducida en dos dispositivos multiplicadores 46, 48 respectivos. De modo similar, una señal introducida en el segundo puerto 36 de entrada es dividida e introducida en dos dispositivos multiplicadores 50, 52 respectivos. La división de las señales se dispone de modo que se introduzca una señal de igual potencia en los dispositivos multiplicadores 46, 48 y en los dispositivos multiplicadores 50, 52. Los dispositivos multiplicadores 46, 48, 50, 52 operan transformando, o precodificando, las señales introducidas en los mismos multiplicándolas por un valor según la matriz precodificadora definida por P:

$$P = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{21} \\ c_{12} & c_{22} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & e^{j\pi/4} \\ j & e^{-j\pi/4} \end{pmatrix} \quad (1)$$

El valor c_{11} es aplicado en el multiplicador 46, el valor c_{12} es aplicado en el multiplicador 48, el valor c_{21} es aplicado en el multiplicador 50, y el valor c_{22} es aplicado en el multiplicador 52. La salida del multiplicador 46 y la salida del multiplicador 50 se combinan en un combinador 54. La salida del multiplicador 48 y la salida del multiplicador 52 se combinan en un combinador 56. Los combinadores 54, 56 operan añadiendo señales introducidas en los mismos y dejando pasar las respectivas señales combinadas hasta las salidas 38, 40. En consecuencia, la operación del precodificador secundario 24 puede representarse con la siguiente ecuación:

$$\begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & e^{j\pi/4} \\ j & e^{-j\pi/4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

La matriz precodificadora P imparte una polarización ortogonal y un desfase entre las señales transmitidas desde la disposición 16 de antenas. Dado que la potencia de las señales de datos introducidas en los multiplicadores 46, 48 y los multiplicadores 50, 52 es la misma, las señales transmitidas desde las salidas 38, 40 del precodificador secundario 24 tienen la misma potencia. Esto quiere decir que se logra un pleno equilibrio de potencia para los PA 42, 44. Aunque la matriz precodificadora está definida por P, se apreciará que pueden usarse otras matrices precodificadoras para proporcionar señales en la disposición 16 de antenas que no son ortogonales, pero son sustancialmente ortogonales, o se apartan ligeramente de la ortogonalidad.

En la realización mostrada, el precodificador secundario 24 es implementado en la banda base, que es anterior a la conversión ascendente de las señales de datos a radiofrecuencia. Implementar el precodificador secundario 24 en la banda base es una manera conveniente de llevar a cabo la transformación, pero se apreciará que el precodificador 24 podría ser implementado, alternativamente, en partes diferentes de la red 10, o de la BTS 14, tales como en las partes digitales de la BTS 14 o en las partes analógicas de la BTS 14.

En la Figura 2 también se muestran combinadores primero y segundo 58, 60 de flujos de datos que están dispuestos en serie entre el primer puerto 30 de salida del precodificador MIMO 22 y el primer puerto 34 de entrada del precodificador secundario 24. También se muestra un tercer combinador 62 de flujos de datos entre el segundo puerto 32 de salida del precodificador MIMO 22 y el segundo puerto 36 de entrada del precodificador secundario 24. Se muestra que el primer combinador 58 de flujos de datos es capaz de recibir datos enviados por un canal físico compartido de enlace descendente de alta velocidad (HS-PDSCH) no MIMO, un canal físico dedicado (DPCH), o un canal común (CCH). Se muestra que el segundo combinador 60 de flujos de datos es capaz de recibir datos enviados por un primer canal piloto común (P-CPICH). Se muestra que el tercer combinador 62 de flujos de datos es capaz de recibir datos enviados por un segundo canal piloto común (S-CPICH). Se apreciará que los datos enviados por HS-PDSCH, DPCH, CCH, PCPICH o S-CPICH son introducidos después del precodificador MIMO 22 y antes del precodificador secundario 24.

Aunque el precodificador secundario 24 proporciona un equilibrio de potencia en los PA 42, 44 para señales MIMO de flujo doble, no se garantiza tal equilibrio de potencia si se correlacionan los flujos de datos introducidos, como ocurre para las señales MIMO de flujo simple. En este contexto se correlaciona una señal con otra señal si las señales son idénticas, pero con fase diferente. Se evita este problema introduciendo las señales MIMO de flujo único, tales como una señal no MIMO por el HS-PDSCH, en el primer combinador 58 de flujos de datos y excluyendo los coeficientes de ponderación $w_2 (1 - j)/2$ y $(-1 + j)/2$ en el precodificador MIMO 22. Esta disposición proporciona la polarización de las señales en la disposición 16 de antenas con amplitudes sustancialmente iguales para las componentes de polarización horizontal y vertical de su vector de campo eléctrico. Esta disposición significa que en el dispositivo 18 de usuario, que puede ser un dispositivo preexistente no MIMO, la polarización varía con el tiempo debido a reflejos.

La matriz precodificadora P proporciona un buen rendimiento para señales MIMO de flujos simple y doble, así como para señales de una sola entrada y una sola salida (SISO) y de una sola entrada y múltiples salidas (SIMO). Usando la matriz precodificadora P, se logra el equilibrio de potencia en los PA 42, 44 para SISO, MIMO de flujo simple y MIMO de flujo doble. Usando la matriz precodificadora P, las señales MIMO de flujo doble son transmitidas desde la disposición 16 de antenas en polarizaciones ortogonales, que están polarizadas vertical y horizontalmente. Esta es una disposición ventajosa porque tales señales polarizadas vertical y horizontalmente son estadísticamente óptimas para la transmisión, y tienen menos interferencia entre flujos en comparación con otros pares de polarizaciones ortogonales. Así, es deseable garantizar que un conjunto de los coeficientes de ponderación del precodificador MIMO w_1, w_2, w_3, w_4 en combinación con la matriz precodificadora P dé como resultado polarizaciones vertical y horizontal para las señales MIMO transmitidas desde la disposición 16 de antenas. Con las antenas de estación base con inclinación de $+45^\circ/-45^\circ$ calibradas en fase instaladas de forma más común, los coeficientes de ponderación efectivos combinados requeridos del precodificador MIMO 22 y el precodificador secundario 24 son $[1 \ 1]$ y $[1 \ -1]$, que pueden ser aplicados con un factor de escalado complejo, como por la matriz precodificadora P. Se apreciará que, si la disposición 16 de antenas está dotada de antenas polarizadas vertical y horizontalmente, puede

usarse una matriz precodificadora $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$ en el precodificador secundario 24 para obtener las mismas propiedades que la matriz P cuando se usan antenas de estación base con inclinación de $+45^\circ/-45^\circ$ calibradas en fase.

5 Se apreciará que cuando se transmiten señales SISO desde la disposición 16 de antenas, la matriz precodificadora P, junto con la exclusión de los coeficientes de ponderación $w_2 (1 - j)/2$ y $(-1 + j)/2$, da como resultado la polarización recibida en el dispositivo 18 de usuario, que varía con el tiempo. Esto resulta ventajoso, porque los dispositivos móviles preexistentes 18 pueden no ser capaces de gestionar las señales que son transmitidas con polarizaciones invariables, tales como las polarizaciones que consisten únicamente en una polarización vertical u horizontal. Tal polarización variante en el tiempo puede incluir una polarización elíptica, una polarización circular o polarizaciones de $+45^\circ/-45^\circ$. La persona experta apreciará que las polarizaciones más adecuadas son las que contienen igual potencia en ambas proyecciones ortogonales. También se apreciará que las polarizaciones circulares son las únicas polarizaciones que pueden utilizar plenamente ambos PA 42, 44 mientras mantienen igual potencia en las componentes vertical y horizontal.

15 Las antenas del conjunto 16 de antenas pueden estar calibradas o no calibradas. En caso de que las antenas estén calibradas, la polarización resultante aplicando la matriz precodificadora P serán polarizaciones verticales y horizontales para señales MIMO, y la polarización circular para señales SISO. En caso de que las antenas no estén calibradas, la polarización de las señales MIMO aplicando la matriz precodificadora P será aleatoria y ortogonal, y la polarización de la señal SISO será elíptica, siendo los casos extremos polarización circular y polarización horizontal y vertical.

20 Las dos señales en las salidas 38, 40 son transmitidas desde un par de antenas en la disposición 16 de antenas que están mutuamente polarizadas ortogonalmente. La operación de un precodificador MIMO 22, o una combinación del precodificador MIMO 22 y el precodificador secundario 24 correlaciona cierto flujo de información con ambas salidas 38, 40. Cuando se logra el equilibrio de potencia en los PA 42, 44, los flujos de señales presentes en las salidas 38, 40 tienen igual magnitud y pueden tener un desfase. Cuando los dos flujos de datos presentes en las salidas 38, 40 son radiados desde respectivas antenas en la disposición 16 de antenas, las ondas electromagnéticas radiadas serán una superposición de las ondas procedentes de cada antena. La polarización de estas ondas será una función tanto de las polarizaciones de las respectivas antenas como también del desfase entre los flujos de datos presentes en las salidas 38, 40. Por ejemplo, si las polarizaciones de las antenas en la disposición 16 de antenas son lineales con inclinación de $+45^\circ$ y lineales con inclinación de -45° , y el desfase es 0° , la polarización resultante será vertical. Si el desfase es 90° en vez de 0° , el vector del campo electromagnético girará en función del tiempo, dando como resultado una polarización circular.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método según una realización de la invención, designada generalmente 70. El método versa sobre la operación del dispositivo de antena mostrado en la Figura 2. En la Figura 3 el método es adecuado para precodificar datos en un sistema de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) que tiene un precodificador 22 de múltiples entradas y múltiples salidas y un precodificador secundario 24 en serie con el mismo, teniendo el precodificador 22 de múltiples entradas y múltiples salidas una primera pluralidad de entradas 26, 28 para una pluralidad de flujos de datos de múltiples entradas y múltiples salidas, y una primera pluralidad de salidas 30, 32 para la pluralidad de flujos de datos, el precodificador secundario que tiene una segunda pluralidad de entradas 34, 36 y una segunda pluralidad de salidas 38, 40, estando la segunda pluralidad de entradas 34, 36 en comunicación con la primera pluralidad de salidas 30, 32, estando cada segunda pluralidad de entradas 34, 36 en comunicación con cada salida de la segunda pluralidad de salidas 38, 40, y estando la segunda pluralidad de salidas 38, 40 en comunicación con respectivas antenas 16. El método incluye recibir una o más señales en una o más entradas respectivas de la segunda pluralidad de entradas 34, 36, según se muestra en 72. El método incluye precodificar las referidas señales en el precodificador secundario 24 para proporcionar una potencia sustancialmente igual de las referidas señales en la segunda pluralidad de salidas 38, 40, según se muestra en 74.

El método incluye precodificar una pluralidad de señales introducida en la segunda pluralidad de entradas con una matriz precodificadora, según se muestra en 76, para proporcionar una relación ortogonal de amplitud y fase entre las señales emitidas desde las antenas. El método incluye definir 76 la matriz precodificadora como P, que está dada por:

$$50 \quad P = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{21} \\ c_{12} & c_{22} \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & e^{j\pi/4} \\ j & e^{-j\pi/4} \end{pmatrix}$$

El método incluye operar el precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas con un conjunto de coeficientes de ponderación w_1, w_2, w_3, w_4 según el Estándar Técnico 25.214 del Proyecto de Asociación de Tercera Generación, según se muestra en 78. El método incluye, además, introducir un flujo de datos no de múltiples entradas y múltiples salidas en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas, y operar el precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas para que los coeficientes de ponderación $w_2 (1 - j)/2$ y $(-1 + j)/2$ sean excluidos para proporcionar una potencia sustancialmente igual de las señales en la segunda pluralidad de salidas, según se

muestra en 80. El método incluye que el sistema MIMO transmita al menos un coeficiente de ponderación que está habilitado entre el conjunto de coeficientes de ponderación, según se muestra en 82.

5 El método incluye operar el precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas con un conjunto de coeficientes de ponderación w_1, w_2, w_3, w_4 según el Estándar Técnico 25.214 del Proyecto de Asociación de Tercera Generación, según se muestra en 78. El método incluye introducir un flujo de datos no de múltiples entradas y múltiples salidas en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas, y operar un dispositivo de usuario en comunicación con el dispositivo de antena para transmitir los coeficientes de ponderación preferentes del precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas al dispositivo de antena que proporcionan una potencia sustancialmente igual de señales en la segunda pluralidad de salidas, según se muestra en 80.

10 El método incluye, además, operar el dispositivo de usuario y/o el sistema de múltiples entradas y múltiples salidas para que coincidan con al menos un coeficiente de ponderación que está habilitado entre el conjunto de coeficientes de ponderación, según se muestra en 84.

15 El método incluye precodificar la señal no de múltiples entradas y múltiples salidas que es introducida en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas para proporcionar la polarización de las señales emitidas desde las antenas con amplitudes sustancialmente iguales para las componentes de polarización horizontal y vertical de su vector de campo eléctrico, según se muestra en 76.

El método incluye precodificar 76 una pluralidad de señales introducida en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas para proporcionar una polarización sustancialmente vertical y horizontal de las señales emitidas desde las antenas.

20 Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente con referencia a las Figuras 1 - 3 permiten tres modos diferentes de operación que son: la operación no MIMO, la operación MIMO de flujo simple y la operación MIMO de flujo doble. Con la operación no MIMO, que es aplicable a dispositivos de usuario preexistentes, los datos que han de ser comunicados siguen el recorrido desde el primer combinador 58 de flujos de datos hasta el precodificador secundario 24, y luego hasta la disposición 16 de antenas. El dispositivo 18 de usuario estima las condiciones del canal usando la señal del P-CPICH y vuelve a suministrar esta información al dispositivo 20 de antena. Se apreciará que el efecto del precodificador secundario 24 y la exclusión de los coeficientes de ponderación $w_2 (1 - j)/2$ y $(-1 + j)/2$ en el precodificador MIMO 22 darán como resultado la utilización igual de los PA 42, 44. Para el equilibrio de potencia en los PA 42, 44, es preciso que los coeficientes de ponderación c_{11} y c_{12} tengan la misma magnitud, aunque la fase pueda ser diferente. Sin embargo, si c_{11} y c_{12} son de igual magnitud y el precodificador secundario 16 proporciona una transformación ortogonal en las antenas 16, es imposible lograr simultáneamente un equilibrio de potencia en los PA 42, 44 para todos los coeficientes de ponderación posibles w_1, w_2, w_3, w_4 que puedan ser aplicados al precodificador MIMO 22. Se ha mostrado anteriormente que es posible lograr un equilibrio de potencia en los PA 42, 44 para dos de los cuatro coeficientes de ponderación w_2 disponibles en el precodificador MIMO 22 si los coeficientes de ponderación aplicados en el precodificador secundario 22 son seleccionados de cierta manera según la matriz precodificadora P. Las señales no MIMO son transmitidas desde la disposición 16 de antenas con una polarización que tiene igual magnitud para su proyección en la polarización horizontal que para su proyección en la polarización vertical. Si las antenas de la disposición 16 de antenas están polarizadas linealmente con una inclinación de +45/-45, y ha de lograrse un equilibrio de potencia en los PA 42, 44, la polarización de las señales no MIMO solo puede ser circular dextrógira o circular levógira. Según se ha mencionado previamente, el beneficio de tal disposición es que la polarización de las ondas radiadas cuando llegan al dispositivo 18 de usuario variará continuamente debido al desvanecimiento no correlacionado de las componentes vertical y horizontal en el canal inalámbrico de radio. En este caso, el necesario desfase entre las señales de las salidas 38, 40 es +90 grados o -90 grados, lo que puede expresarse en la notación MATLAB como:

$$c_{12}=c_{11}*\exp(\pm i*\pi/2).$$

45 Con la operación MIMO de flujo simple, aplicable a dispositivos de usuario habilitados para MIMO, los datos que han de ser comunicados siguen la ruta desde la primera entrada 26, a través del precodificador MIMO 22, hasta el precodificador secundario 24, y luego hasta la disposición 16 de antenas. Los coeficientes de ponderación que han de aplicarse al precodificador MIMO 22 son específicos al usuario, y son seleccionados del conjunto de coeficientes de ponderación disponibles por medio de información de retorno procedente del dispositivo 18 de usuario del conjunto preferente de coeficientes de ponderación. El dispositivo 18 de usuario determina un conjunto preferente de coeficientes de ponderación del precodificador MIMO utilizando condiciones del canal estimadas por separado desde las dos antenas virtuales v_1, v_2 , que, a su vez, son obtenidas usando las señales del P-CPICH y del S-CPICH, respectivamente. A partir de las condiciones del canal, el dispositivo 18 de usuario calcula entonces qué coeficientes de ponderación del precodificador MIMO dan el mejor canal de comunicaciones. Los coeficientes de ponderación w_3 y w_4 del precodificador MIMO no son aplicados con la operación MIMO de flujo simple, por lo que el usuario simplemente comunica cuál de los cuatro valores posibles para w_2 prefiere. Para la operación MIMO de flujo simple, el efecto del precodificador MIMO 22 y del precodificador secundario 24 darán como resultado igual utilización de los PA 42, 44. Además, los dos flujos MIMO transmitidos desde la disposición 16 de antenas tendrán polarización vertical y polarización horizontal, respectivamente. La ventaja de esta disposición es que hay poca dispersión

cruzada entre estas dos polarizaciones en el canal inalámbrico de radio y, por ende, la interferencia entre flujos será menor. Así, el receptor en el dispositivo 18 de usuario puede restaurar con mayor facilidad la ortogonalidad entre los dos flujos MIMO, lo que lleva a mejor rendimiento y a mayor caudal de datos.

5 Con la operación MIMO de flujo doble, aplicable a dispositivos de usuario habilitados para MIMO, se utilizan dos flujos separados de información introducida en las entradas primera y segunda 26, 28 para un caudal de datos mayor. En todos los demás sentidos, la operación MIMO de flujo doble es similar a la operación MIMO de flujo simple, por lo que el dispositivo 18 de usuario comunica el valor w_2 preferente. Se apreciará que la operación MIMO de flujo doble es posible siempre y cuando los flujos primero y segundo sean ortogonales entre sí, y, dado que el precodificador MIMO 22 y el precodificador secundario 24 están operados con matrices ortogonales, los dos flujos serán ortogonales partiendo de la disposición 16 de antenas. Para la operación MIMO de flujo doble, el efecto del precodificador MIMO 22 y del precodificador secundario 24 dará como resultado una igual utilización de los PA 42, 44. Para una operación MIMO de flujo doble óptima, es preciso que las señales ortogonales de entrada de los puertos primero y segundo 34, 36 de entrada estén correlacionadas con combinaciones lineales ortogonales en los puertos 38, 40 de salida. Esto es necesario para conservar la separación entre los flujos MIMO primero y segundo, y también para retener las propiedades de equilibrio de potencia de las señales MIMO de flujo doble. La condición de ortogonalidad puede ser expresada en la notación MATLAB como:

$$[c11 \ c12]*conj([c21; \ c22])=c11*conj(c21)+c12*conj(c22)=0.$$

20 Los dos flujos MIMO son transmitidos desde la disposición 16 de antenas con polarización vertical y polarización horizontal, respectivamente. La ventaja de esta disposición es que hay poca dispersión cruzada entre estas dos polarizaciones en el canal inalámbrico de radio y, por ende, la interferencia entre flujos será menor. Así, el receptor en el dispositivo 18 de usuario puede restaurar con mayor facilidad la ortogonalidad entre los dos flujos MIMO, lo que lleva a mejor rendimiento y a mayor caudal de datos.

25 La BTS 14 puede estar configurada simultáneamente para operar más de un modo de operación dependiendo de las prestaciones de los diferentes dispositivos de usuario en la célula móvil a la que sirve. Para dispositivos preexistentes ejemplares, los dispositivos de flujo simple, y los dispositivos de flujo doble pueden estar presentes en la célula al mismo tiempo. Un dispositivo 18 de usuario habilitado para MIMO comunicará si prefiere la operación MIMO de flujo simple o la de flujo doble, y esto puede cambiar rápidamente debido a condiciones cambiantes del canal.

30 Puede verse que las realizaciones de la invención descrita en lo que antecede proporcionan una utilización sustancialmente igual de los dos PA 42, 44 para los tres modos de operación. Esta es una característica útil porque la cantidad relativa de dispositivos 18 de usuario que operan en los tres modos diferentes puede cambiar con el tiempo. Por ejemplo, en ocasiones puede haber únicamente dispositivos 18 de usuario que operen en un modo de operación. El precodificador secundario 24 por sí mismo no puede lograr plenamente un equilibrio de potencia en los PA 42, 44 para los tres modos de operación, pero si la utilización de los coeficientes de ponderación aplicados al precodificador MIMO 22 se restringe a los dos coeficientes de ponderación w_2 para los que se obtiene un equilibrio de potencia, entonces el equilibrio de potencia en los PA 42, 44 se logra para los tres modos de operación. Esta restricción puede aplicarse ya sea en el dispositivo 18 de usuario, que vuelve a suministrar los coeficientes de ponderación del precodificador MIMO preferentes, o en la BTS 14, que selecciona los coeficientes de ponderación del precodificador MIMO reales que deben usarse en función de la información de retorno procedente del dispositivo 18 de usuario.

45 La Figura 4 es una serie de trazados que muestran resultados experimentales del desvanecimiento de señales con y sin codificación de diversidad espacio-temporal de transmisión (STTD), designada generalmente 90. El eje y para los trazados 90 representa la amplitud de la relación señal-ruido, y el eje x representa el tiempo. Los trazados 92 y 94 muestran el desvanecimiento con y sin codificación STTD, respectivamente, para un primer usuario. Los trazados 96 y 98 muestran el desvanecimiento con y sin codificación STTD, respectivamente, para un segundo usuario. La planificación para la transmisión de señales de datos para los usuarios primero y segundo en respectivos picos de desvanecimiento está mostrada por las líneas más gruesas 100 y 102 en los picos de los trazados 94, 96. En conjunto, los trazados 90 muestran que los picos, cuando se usa codificación STTD, según se muestra en 104, son más bajos que los picos cuando no se usa codificación STTD, según se muestra en 106. Esto significa que, aunque el uso de la codificación STTD puede atenuar el problema del equilibrio de potencia en los PA 42, 44, y puede ser beneficioso para los canales comunes, hay menor beneficio cuando se usa la codificación STTD para los canales dedicados y el HS-DSCH. Esto es debido a que la codificación STTD puede degradar realmente la velocidad de transferencia para las señales transmitidas en ciertos casos, tales como por el HS-DSCH, que es un recurso compartido y planificado. En consecuencia, el uso de la codificación STTD es una solución no óptima para el HS-DSCH. Aunque la codificación STTD está diseñada para reducir el desvanecimiento rápido, en el caso de un canal planificado, tal como el HS-DSCH, el uso de codificación STTD puede ser perjudicial porque la ganancia por la planificación surge del desvanecimiento rápido. En consecuencia, con las realizaciones de la invención, no se requiere el uso de STTD cuando se aplica un precodificador secundario 24 después del precodificador MIMO 22.

Se apreciará que pueden usarse otros libros de códigos MIMO en los que los coeficientes de ponderación w_1 , w_2 , w_3 , w_4 tengan valores diferentes para proporcionar una salida del precodificador MIMO 22 diferente. Tal libro de códigos diferente puede resolver problemas de equilibrio de potencia en los PA 42, 44. Sin embargo, es probable que el libro de códigos diferente pueda dar como resultado estados de polarización que disten de ser óptimos para las señales MIMO transmitidas desde la disposición 16 de antenas. En este escenario, se contempla que se pueda usar el precodificador secundario 24 para optimizar los estados de polarización para las señales MIMO transmitidas desde la disposición 16 de antenas para proporcionar una polarización sustancialmente ortogonal de las señales de las antenas 16. En consecuencia, se puede usar el precodificador secundario 24 para resolver el problema de equilibrio de potencia en los PA 42, 44, y para resolver cualquier polarización que no sea óptima para señales transmitidas desde la disposición 16 de antenas.

Se apreciará que las realizaciones de la invención descritas en lo que antecede que usan el precodificador secundario 24 tienen la ventaja de que en los PA 42, 44 se logra el equilibrio de potencia. Aplicando la matriz precodificadora particular P descrita más arriba, se logra un rendimiento óptimo para señales tanto MIMO como SISO. Excluyendo dos coeficientes de ponderación de precodificación MIMO, se logra el equilibrio de potencia en los PA 42, 44 para MIMO de flujo simple. Aunque el precodificador MIMO 22 usa coeficientes de ponderación que son variables por dispositivo 18 de usuario según el estándar 25.214 de 3GPP, se apreciará que el precodificador secundario 24 es operable con una matriz precodificadora fija definida por P en lo que antecede.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (20) de antena para una estación base de radio, comprendiendo el dispositivo (20) de antena un precodificador (22) de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) y un precodificador secundario (24) en serie con el mismo, teniendo el precodificador (22) de múltiples entradas y múltiples salidas una primera pluralidad de entradas (26, 28) para una pluralidad de flujos de datos de múltiples entradas y múltiples salidas, y una primera pluralidad de salidas (30, 32) para la pluralidad de flujos de datos, siendo operable el precodificador MIMO (22) para excluir dos coeficientes de ponderación de precodificación MIMO para lograr un equilibrio de potencias para flujos de datos MIMO correlacionados, teniendo el precodificador secundario una segunda pluralidad de entradas (34, 36) y una segunda pluralidad de salidas (38, 40), estando la segunda pluralidad de entradas (34, 36) en comunicación con la primera pluralidad de salidas (30, 32), estando cada entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) en comunicación con cada salida de la segunda pluralidad de salidas (38, 40), estando la segunda pluralidad de salidas (38, 40) en comunicación con respectivas antenas (16), siendo operable el dispositivo (20) de antena para recibir un flujo de datos no MIMO, que se salta el precodificador MIMO, hasta al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36), siendo operable el precodificador secundario (24) para precodificar una pluralidad de señales introducida en la segunda pluralidad de entradas (34, 36) con una matriz precodificadora para proporcionar una relación ortogonal de amplitud y fase entre las señales emitidas desde las antenas (16), por lo que el dispositivo de antena es operable de modo que una o más señales introducidas en una o más entradas respectivas de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) proporciona una potencia de señales sustancialmente igual en la segunda pluralidad de salidas usando el precodificador secundario, siendo operable el precodificador (22) de múltiples entradas y múltiples salidas con un conjunto de coeficientes de ponderación w_1, w_2, w_3, w_4 según el Estándar Técnico 25.214 del Proyecto de Asociación de Tercera Generación, siendo operable el dispositivo (20) de antena para recibir un flujo de datos no de múltiples entradas y múltiples salidas hasta al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) y siendo operable el precodificador (22) de múltiples entradas y múltiples salidas para que los coeficientes de ponderación $w_2 (1 - j)/2$ y $(-1 + j)/2$ sean excluidos de la selección para proporcionar una potencia de señales sustancialmente igual en la segunda pluralidad de salidas (38, 40).

2. Un dispositivo de antena según la reivindicación 1 en el que la matriz precodificadora está definida por P:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & e^{j\pi/4} \\ j & e^{-j\pi/4} \end{pmatrix}$$

3. Un dispositivo de antena según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2 en el que el dispositivo de antena está configurado, además, para recibir de un dispositivo (18) de usuario en comunicación con el dispositivo (20) de antena coeficientes de ponderación preferentes del precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas, proporcionando una potencia de señales sustancialmente igual en la segunda pluralidad de salidas (38, 40).

4. Un dispositivo de antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, operable de modo que la señal no de múltiples entradas y múltiples salidas que es introducida en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) es precodificada en la segunda pluralidad de salidas (38, 40) para proporcionar la polarización de las señales emitidas desde las antenas (16) con amplitudes sustancialmente iguales para las componentes de polarización horizontal y vertical de su vector de campo eléctrico.

5. Un dispositivo de antena según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2 en el que el precodificador secundario (24) es operable de modo que una pluralidad de señales introducida en la segunda pluralidad de entradas (34, 36) sea precodificada en la segunda pluralidad de salidas (38, 40) para proporcionar una polarización sustancialmente vertical y horizontal de las señales emitidas desde las antenas (16).

6. Un método (70) para precodificar datos en un sistema (19) de múltiples entradas y múltiples salidas MIMO que tiene un precodificador (22) de múltiples entradas y múltiples salidas y un precodificador secundario (24) en serie con el mismo, teniendo el precodificador (22) de múltiples entradas y múltiples salidas una primera pluralidad de entradas (26, 28) para una pluralidad de flujos de datos de múltiples entradas y múltiples salidas, y una primera pluralidad de salidas (30, 32) para la pluralidad de flujos de datos, siendo operable el precodificador MIMO (22) para excluir dos coeficientes de ponderación de precodificación MIMO, teniendo el precodificador secundario una segunda pluralidad de entradas (34, 36) y una segunda pluralidad de salidas (38, 40), estando la segunda pluralidad de entradas (34, 36) en comunicación con la primera pluralidad de salidas (30, 32), estando cada entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) en comunicación con cada salida de la segunda pluralidad de salidas (38, 40), y estando la segunda pluralidad de salidas (38, 40) en comunicación con respectivas antenas (16), siendo operable el dispositivo (20) de antena para recibir un flujo de datos no MIMO, que se salta el precodificador MIMO, hasta al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36), incluyendo el método:

recibir (72) una o más señales en una o más respectivas entradas de la segunda pluralidad de entradas (34, 36);

precodificar (74) las referidas señales en el precodificador secundario (24) para proporcionar una potencia sustancialmente igual de las referidas señales en la segunda pluralidad de salidas (38, 40) usando el precodificador secundario,

5 precodificar (76) una pluralidad de señales introducida en la segunda pluralidad de entradas (34, 36) con una matriz precodificadora para proporcionar una relación ortogonal de amplitud y fase entre las señales emitidas desde las antenas (16); y

10 operar (78) el precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas con un conjunto de coeficientes de ponderación w_1, w_2, w_3, w_4 según el Estándar Técnico 25.214 del Proyecto de Asociación de Tercera Generación, introduciendo (80) un flujo de datos no de múltiples entradas y múltiples salidas hasta al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) y operando el precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas para que los coeficientes de ponderación $w_2 (1 - j)/2$ y $(-1 + j)/2$ sean excluidos de la selección para proporcionar una potencia de señales sustancialmente igual en la segunda pluralidad de salidas (38, 40).

7. Un método según la reivindicación 6 en el que la matriz precodificadora está definida por P:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & e^{j\pi/4} \\ j & e^{-j\pi/4} \end{pmatrix}$$

15 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 6 - 7 y que, además, incluye operar (78) un dispositivo (18) de usuario en comunicación con el dispositivo (20) de antena para transmitir coeficientes de ponderación preferentes del precodificador de múltiples entradas y múltiples salidas al dispositivo (20) de antena que proporcionan una potencia sustancialmente igual de señales en la segunda pluralidad de salidas (38, 40).

20 9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 - 8 y que, además, incluye precodificar (76) la señal no de múltiples entradas y múltiples salidas que es introducida en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) para proporcionar la polarización de las señales emitidas desde las antenas (16) con amplitudes sustancialmente iguales para las componentes de polarización horizontal y vertical de su vector de campo eléctrico.

25 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 6 - 7 y que, además, incluyen precodificar (76) una pluralidad de señales introducida en al menos una entrada de la segunda pluralidad de entradas (34, 36) para proporcionar la polarización sustancialmente vertical y horizontal de las señales emitidas desde las antenas (16).

11. Una estación base (14) de radio que incluye un dispositivo de antena según cualquiera de las reivindicaciones 1-5.

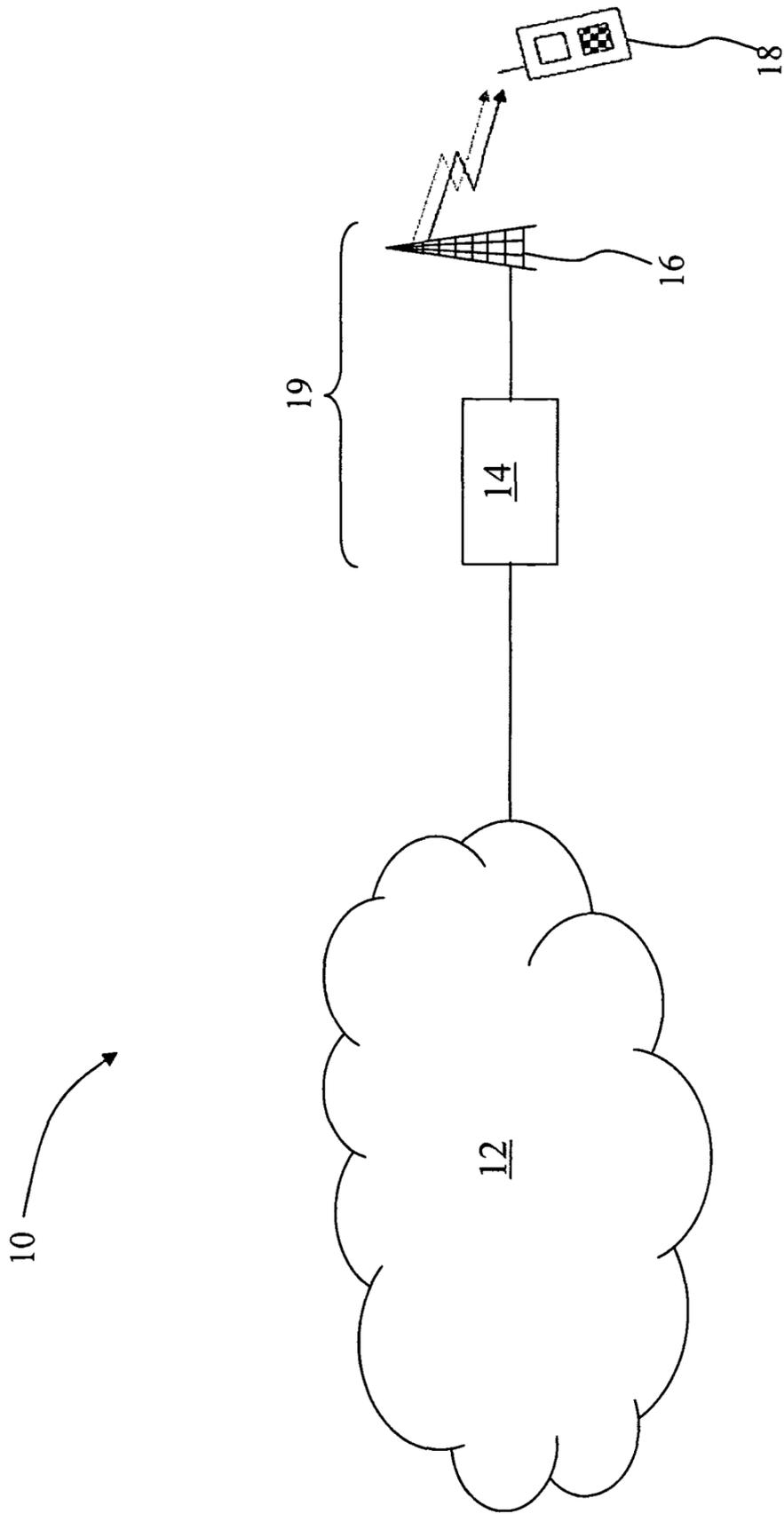


Fig 1

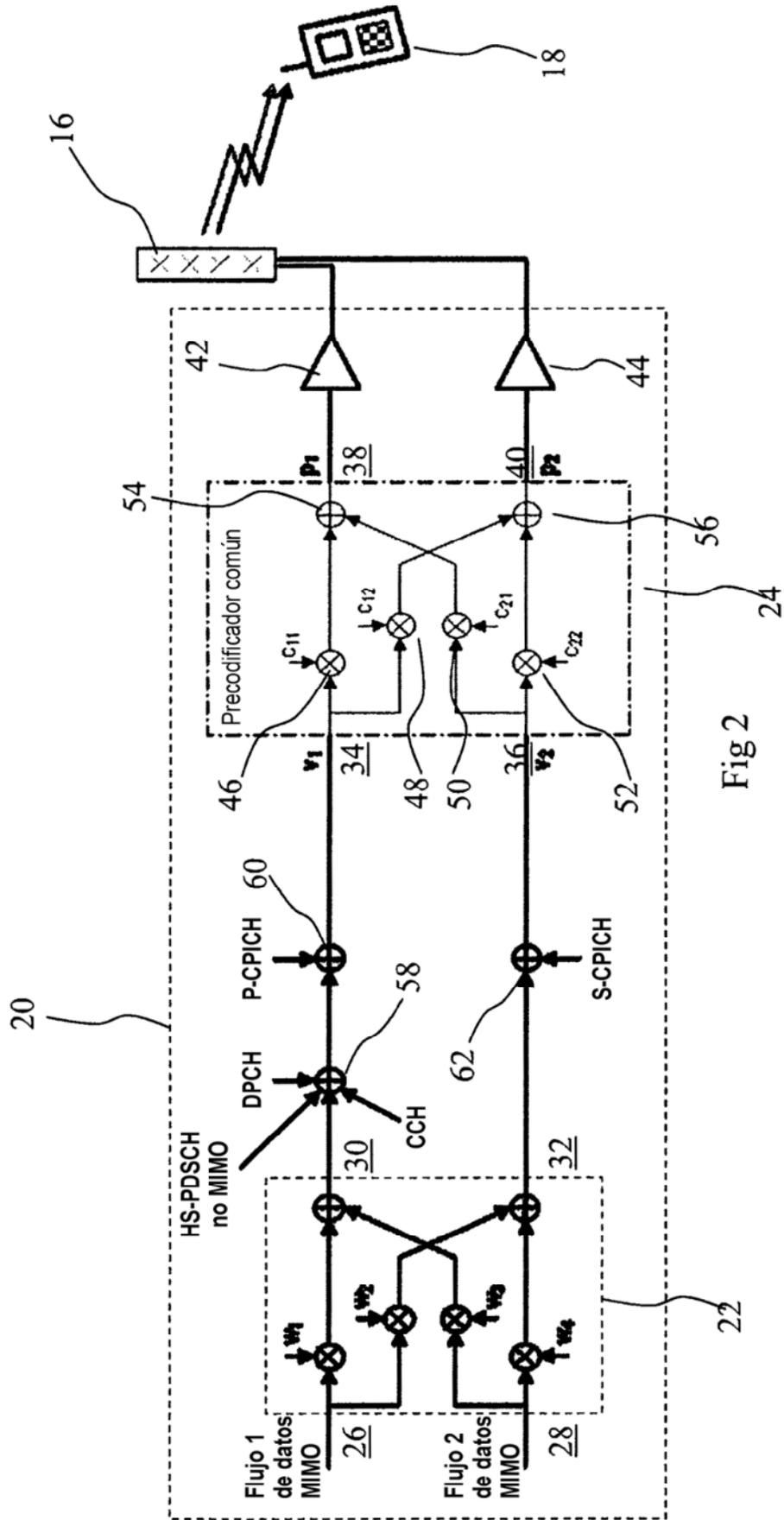


Fig 2

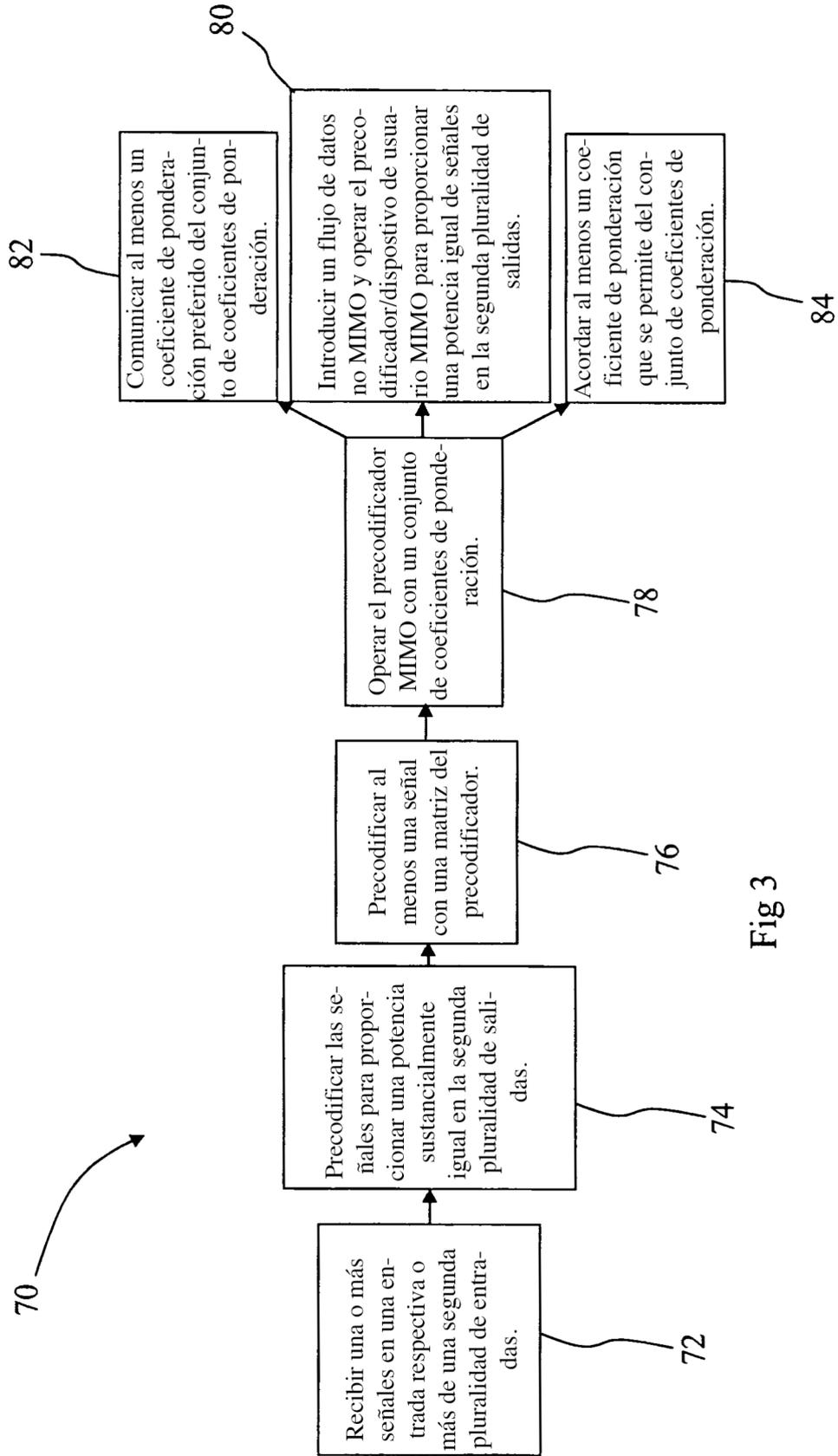


Fig 3

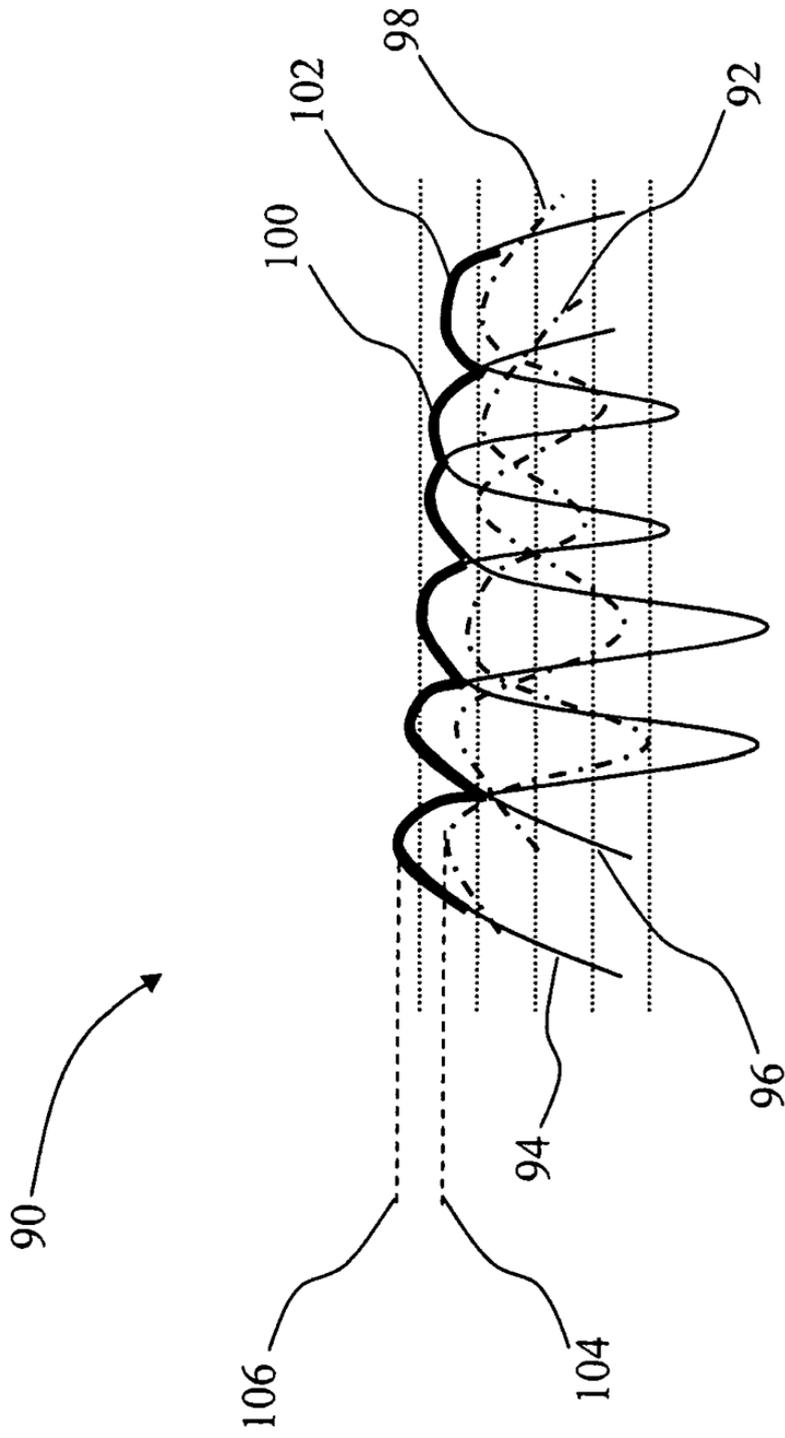


Fig 4