

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 070**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H01Q 21/08** (2006.01)

**H04B 7/04** (2007.01)

**H04L 1/06** (2006.01)

**H04B 7/02** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2010 PCT/SE2010/051129**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12053948**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2010 E 10858724 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2630736**

54 Título: **Dispositivo de antena y método para precodificar datos en un sistema de múltiple entrada múltiple salida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.10.2017**

73 Titular/es:  
**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**  
**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:  
**HAGERMAN, BO;**  
**ASPLUND, HENRIK y**  
**JÖNGREN, GEORGE**

74 Agente/Representante:  
**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 637 070 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 y método para precodificar datos en un sistema de múltiple entrada múltiple salida

5 **Campo técnico**

La invención se refiere al campo de los dispositivos de antena, y en particular a los dispositivos de antena para su uso con un sistema de múltiple entrada múltiple salida.

10 **Antecedentes**

Una manera de mejorar la eficacia espectral y la velocidad de bits en una red inalámbrica es utilizar la tecnología MIMO (múltiple entrada múltiple salida). La tecnología MIMO se ha introducido en el Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP) Versión 7, e implica enviar y recibir múltiples flujos de información utilizando múltiples antenas tanto en el extremo de envío como en el de recepción.

Las implementaciones actuales de MIMO requieren la denominada precodificación. La precodificación permite el mapeo de flujos de información a diferentes antenas a través de un conjunto de pesos complejos conocidos por el receptor. En la precodificación de bucle abierto, los pesos de precodificación están predefinidos. En la precodificación de bucle cerrado, el receptor estima qué pesos de precodificación darán el mejor rendimiento, y señala esta elección de vuelta al transmisor. Para reducir la necesidad de la señalización de retroalimentación, muchos estándares especifican un conjunto restringido de pesos de precodificador posibles. El conjunto restringido de pesos de precodificador posibles se conoce como el libro de códigos. Mediante el uso del libro de códigos, el receptor puede simplemente señalar de vuelta la identidad del precodificador preferido obtenida del libro de códigos. El transmisor, que también tiene acceso al libro de códigos, puede entonces aplicar los pesos correctos del precodificador a la señal de MIMO transmitida.

En el estándar de evolución a largo plazo (LTE), la precodificación de bucle cerrado puede ser de banda ancha o selectiva de frecuencia. La precodificación de banda ancha es más robusta y requiere menos información de retroalimentación, pero la precodificación selectiva de frecuencia puede manejar mejor el caso en el que el canal es selectivo de frecuencia y ningún precodificador único es óptimo en toda la banda de frecuencias.

Los flujos de información transmitidos son mapeados normalmente a precodificadores ortogonales en el transmisor. Sin embargo, estos flujos, cuando se transmiten a través del canal inalámbrico, normalmente se mezclarán. Esto se puede entender mejor considerando un mapeo ortogonal simple que consiste en transmitir el flujo 1 desde la antena 1 de transmisión y el flujo 2 desde la antena 2 de transmisión. Un receptor con dos antenas recibirá la superposición de los dos flujos transmitidos en cada una de sus antenas de recepción. El receptor debe entonces separar los flujos mezclados. Un receptor óptimo es el llamado receptor de máxima verosimilitud (ML). Tal receptor utiliza accionamientos no lineales complejos. Un receptor más práctico, que es más probable que sea implementado en los productos, es el receptor de error cuadrático medio mínimo (MMSE) lineal. Un receptor MMSE es más sensible a la correlación entre flujos mixtos en un canal.

Las ganancias del accionamiento de MIMO son generalmente las más altas cuando los canales inalámbricos desde cada antena de transmisión a cada antena de recepción tienen potencia similar, y experimentan variaciones de desvanecimiento rápido no correlacionadas. Si la correlación de desvanecimiento y/o desequilibrio de potencia aparecen entre los canales de antenas, la ganancia disminuye normalmente en comparación, reduciendo las ventajas de MIMO.

MIMO se ha utilizado principalmente para el enlace descendente en redes celulares, donde el transmisor (una estación base) utiliza normalmente múltiples antenas que se despliegan en estrecha proximidad, y que tienen patrones de radiación esencialmente iguales. Sin embargo, algunos otros escenarios están ganando cada vez más atención.

Un escenario importante de interés es cuando se utilizan antenas distribuidas. Un ejemplo de un uso de antenas distribuidas es un despliegue en interiores donde se puede utilizar un sistema de antena distribuida para proporcionar cobertura en una célula donde la pérdida de trayectoria desde una única antena de transmisión/recepción es demasiado alta para soportar una calidad de comunicación adecuada en todas partes dentro del área de célula. La estación base que sirve a la célula tiene un puerto de antena y una red de combinación/división que distribuye las señales desde el puerto de antena a múltiples antenas físicas dentro del área. Esto asegura que la antena "efectiva" es muy grande, y es probable que los usuarios de la zona estén cerca de al menos una de las antenas físicas. De esta manera, todos los usuarios tienen acceso a la estación base en una célula grande, mientras que si la estación base tenía antenas físicas en la misma localización, los usuarios podrían estar fuera del alcance o "línea de visión" y no ser capaces de comunicarse con la estación base.

Los sistemas de antena distribuida son más comunes en ambientes interiores como un edificio de oficinas, un centro comercial o una terminal de aeropuerto. Sin embargo, un sistema de antena distribuida también se puede

implementar en un ambiente exterior si la forma de célula pretendida es difícil de conseguir utilizando una única antena. Un ejemplo es una célula alargada a lo largo de una línea de ferrocarril. La velocidad de bits de pico y la mejora de la eficacia espectral disponibles utilizando la tecnología MIMO es muy deseable en áreas interiores donde los usuarios requieren velocidades de bits similares a las LAN inalámbricas. Un enfoque directo a un sistema de antena distribuida se ilustra en la figura 1. Un ambiente interior 1, tal como un terminal de aeropuerto, está provisto de varias antenas físicas co-localizadas 2, 3, 4, 5, 6. Cada grupo de antenas tiene una antena física (indicada por un círculo relleno en negro) conectada al puerto 1 de la estación base, y otra antena física (indicada por un círculo sin rellenar) conectada al puerto 2 de la estación base. Este tipo de disposición asegura una amplia cobertura debido a los grupos distribuidos de antenas y el uso de antenas agrupadas conectadas a diferentes puertos de la estación base permite mayores velocidades de bits entre la estación base y un dispositivo de usuario que utiliza MIMO. Sin embargo, este enfoque puede ser costoso.

Es posible que MIMO sea utilizado en el enlace ascendente (desde el dispositivo de usuario hasta la estación base), donde el dispositivo de usuario es capaz de transmitir utilizando múltiples antenas. Debido a las limitaciones de RF y diseño de antena en dispositivos de usuario compactos, es probable que la energía desigual sea transmitida desde las antenas en el dispositivo del usuario, debido a diferencias en patrones de radiación, eficacia de antena, blindaje por parte del usuario y/o debido al diseño de los amplificadores de potencia (por ejemplo, si se utiliza un amplificador de potencia secundario con menor potencia de salida para una antena secundaria).

3GPP R1-095061 se refiere a la restricción de subconjunto de libro de códigos de MIMO de HSDPA. Para utilizar totalmente el recurso PA instalado total en el caso en el que MIMO es implementado utilizando un S-CPICH para la segunda antena, una red de equilibrio de potencia puede ser utilizada. En este caso se encuentra que la potencia puede estar no equilibrada para ciertos vectores de precodificador en la transmisión de flujo única para los UE de MIMO. Para superar esto, el planificador de red puede utilizar solo precodificadores que mantienen la potencia equilibrada. Sin embargo, esto significaría que un peso no óptimo se utiliza y por lo tanto llevaría a una degradación de rendimiento.

Para resolver este problema se propone incluir una "restricción de subconjunto de libro de códigos" similar a la que existe en LTE también para MIMO de HSDPA. De esta manera, la red puede restringir al UE de informar de los vectores de precodificador que elevan la utilización de potencia desigual entre las dos ramas.

El documento US 20090066577 A1 divulga un método y sistema para formar haces en un sistema de comunicación de múltiple entrada múltiple salida que utiliza un libro de códigos. El método y sistema puede incluir un procesador en un nodo B que permite la generación de una matriz de cancelación de interferencia (WR). La matriz de cancelación de interferencia, también denominada como filtro adaptado, puede permitir que una señal compuesta (Y) sea representada como una pluralidad de señales subsidiarias ( $y_i$ ), cada una de las cuales se transmite por el nodo B para su recepción en una estación de UE  $i$ th correspondiente. Cada una de las señales subsidiarias  $y_i$  puede ser generada basándose en una correspondiente de una pluralidad de señales de flujo de datos ( $x_i$ ). El procesador puede permitir la generación de una matriz de precodificación (WT) basándose en la matriz precedente. Un transmisor dentro del nodo B puede permitir la generación de una pluralidad de señales basándose en la matriz precedente. Las señales pueden ser transmitidas a través de un medio de comunicación inalámbrica.

3GPP R1-095068 se refiere a restricciones de libro de códigos de MIMO para transmisiones de flujo único. Cuando S-CPICH se configura desde la antena de transmisión segunda, los dos PA ya no están equilibrados en potencia, mientras que todos los canales aéreos serán transmitidos desde la antena de transmisión primera, junto con el P-CPICH. Con el fin de equilibrar en potencia los PA, se proponen métodos alternativos. Un método alternativo de MIMO equilibra la potencia de los dos PA en el nodo B para transmisiones no MIMO heredadas y transmisiones de MIMO de flujo único y dual.

## 50 Sumario

Un problema para MIMO de acceso de paquetes a alta velocidad (HSPA) se refiere a cómo se manejan los usuarios de única entrada única salida (SISO) heredados. Un precodificador común puede aplicarse tanto a transmisiones MIMO como a transmisiones no MIMO. El precodificador común está diseñado de tal manera que la transmisión SISO se mapea a ambos puertos de antena de transmisión con el fin de utilizar ambos amplificadores de potencia. Sin embargo, debido a la ortogonalidad entre las señales SISO y las señales de MIMO precodificadas, no todos los precodificadores de flujo único resultarán en la utilización total de ambos amplificadores de potencia, lo que conduce a un uso ineficaz de los amplificadores de potencia. Para dos de los cuatro posibles precodificadores, los flujos se transmiten en un único puerto de antena. Para una utilización óptima del amplificador de potencia, esto es indeseable y se ha propuesto una restricción de libro de códigos para asegurar que no se utilicen los precodificadores no equilibrados. En el estándar LTE no hay problemas con los usuarios de SISO heredados.

La invención introduce un mapeo fijo desde los puertos de antena en el transmisor a las antenas físicas. Este mapeo fijo puede ser visto como un precodificador adicional que es común para todas las señales. El propósito de este precodificador común es asegurar que los flujos sean mapeados a antenas individuales para algunas opciones de precodificadores. Un método preferido es utilizar un precodificador común que es el inverso de un precodificador

particular en el libro de códigos utilizado. Los beneficios son dos: en primer lugar, los pilotos (en los actuales estándares LTE y HSPA), debido al precodificador común, se transmitirán desde todas las antenas físicas, lo que elimina la influencia del tiempo y las compensaciones de potencia entre las antenas. En segundo lugar, para algunas elecciones de precodificadores en los libros de códigos, cada uno de los flujos será transmitido desde una única antena. En estos casos, se minimizará el impacto negativo en el rendimiento del receptor MMSE en el tiempo o en el espacio, lo que conduce a un rendimiento mejorado de un único flujo y múltiples flujos.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de antena para precodificar datos en un sistema de MIMO de acuerdo con la reivindicación 1.

Como una opción, el segundo precodificador realiza un accionamiento inverso al realizado por el precodificador de MIMO.

En una realización opcional, el segundo precodificador está dispuesto en serie entre una pluralidad de amplificadores de potencia y la pluralidad de antenas físicas. Alternativamente, el segundo precodificador está dispuesto en serie ante una pluralidad de amplificadores de potencia y la pluralidad de antenas físicas.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para precodificar datos en un sistema de MIMO de acuerdo con la reivindicación 5.

El segundo precodificador realiza opcionalmente un accionamiento inverso al realizado por el precodificador de MIMO.

El método opcionalmente comprende pasar el flujo de datos a través del segundo precodificador antes de que pase a través de un amplificador de potencia, o alternativamente pasar el flujo de datos a través del segundo precodificador después de que pase a través de un amplificador de potencia.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona una estación base de radio que comprende un dispositivo de antena como se describe en el primer aspecto de la invención.

La estación base de radio opcionalmente comprende una memoria en forma de un medio legible por ordenador en el que se almacena un código legible por ordenador que, cuando se ejecuta en la estación base de radio, hace que la estación base de radio realice el método descrito en el segundo aspecto de la invención.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de usuario de acuerdo con la reivindicación 10.

De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un programa informático de acuerdo con la reivindicación 11.

De acuerdo con un sexto aspecto de la invención, se proporciona un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador y un programa informático de acuerdo con la reivindicación 12.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra esquemáticamente en un diagrama de bloques un sistema de antena distribuida de la técnica anterior;

la figura 2 ilustra esquemáticamente en un diagrama de bloques un sistema de antena distribuida de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 3 ilustra esquemáticamente en un diagrama de bloques un precodificador común de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 4 es un gráfico que muestra la eficacia espectral para la precodificación con y sin un precodificador común de acuerdo con las realizaciones de la invención;

la figura 5 es un gráfico que muestra las estadísticas del indicador de matriz de precodificación y del indicador de rango con una relación señal a ruido de 10 dB para precodificación con y sin un precodificador común de acuerdo con las realizaciones de la invención;

la figura 6 es un gráfico que muestra las estadísticas de indicador de matriz de precodificación e indicador de rango con una relación señal a ruido de 25 dB para precodificación con y sin un precodificador común de acuerdo con las realizaciones de la invención;

la figura 7 es un gráfico que muestra la propagación de retardo RMS para mapear flujos a ambos puertos de antena,

mapear flujos al puerto de antena más fuerte utilizando un precodificador común de acuerdo con una realización de la invención y mapear flujos al puerto de antena más débil utilizando un precodificador común de acuerdo con una realización de la invención;

5 la figura 8 es un gráfico que muestra las funciones de distribución acumulativa para la propagación de retardo RMS para mapear flujos a ambos puertos de antena, mapear flujos al puerto de antena más fuerte utilizando un precodificador común de acuerdo con una realización de la invención y mapear flujos al puerto de antena más débil utilizando un precodificador común de acuerdo con una realización de la invención;

10 la figura 9 ilustra esquemáticamente en un diagrama de bloques una estación base de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 10 es un diagrama de flujo que muestra los pasos de las realizaciones de la invención; y

15 la figura 11 ilustra esquemáticamente en un diagrama de bloques un dispositivo de usuario de acuerdo con la realización de la invención.

### Descripción detallada

20 Una forma de reducir el coste de utilizar MIMO en una disposición de antena distribuida es combinar un subconjunto de las antenas físicas con cada puerto de antena. Esto puede hacerse de tal manera que aumente la verosimilitud de que las intensidades de señal de los canales inalámbricos desde cada puerto de antena al dispositivo de usuario sean similares, resultando de este modo en buenas ganancias de MIMO. Una forma de conseguir esto es intercalando las antenas físicas como se muestra en la figura 2. A diferencia de la disposición mostrada en la figura  
25 1, los pares de antenas conectados a los puertos 1 y 2 de la estación base no están dispuestos en la misma localización, sino entrelazados. Por supuesto, la disposición de entrelazado se muestra a modo de ejemplo. Se apreciará que pueden utilizarse otras disposiciones en las que los pares de antenas conectadas a los puertos 1 y 2 no están co-localizados.

30 Una desventaja de la disposición mostrada en la figura 2 es que, debido al hecho de que las antenas conectadas a las puertas 1 y 2 no están agrupadas como antenas co-localizadas, las longitudes de alimentación de la estación base a las antenas físicas difieren, al igual que la propagación de retardo por el aire. El resultado de esto es que el receptor en el dispositivo de usuario puede observar diferencias significativas de retardo entre los diferentes puertos de antena. De forma similar, es probable que se produzca una mayor selectividad de frecuencia debido a la  
35 propagación de trayectos múltiples resultante de las múltiples antenas físicas distribuidas.

Muchos estándares, como HSPA y LTE, estandarizan los libros de códigos para asegurar que cada flujo se distribuya a través de múltiples puertos de antena. Esto tendría dos consecuencias en el escenario representado en la figura 2:

40 1. Una diferencia de temporización entre las antenas se traduce en dispersión de tiempo en cada flujo. Los canales efectivos por los que se transmiten los flujos se convierten en más selectivos de frecuencia, por lo que un esquema de precodificación de bucle cerrado de banda ancha resultará en una pérdida de rendimiento ya que ningún peso de precodificador será óptimo en toda la banda de frecuencias. LTE tiene disposiciones para un esquema de precodificación selectiva de frecuencia, pero todavía hay un equilibrio entre la granularidad en el dominio de la frecuencia y el rendimiento. La precodificación selectiva de frecuencia también aumenta la sobrecarga de señalización. Además, el rendimiento HSPA al utilizar la ecualización lineal en el dominio del tiempo en el receptor sufrirá debido a la mayor dispersión del tiempo. Esto puede conducir a rendimientos decrecientes o incluso crear  
45 pérdidas en las ganancias esperadas de la introducción de MIMO.

50 Además, se transmiten señales piloto de enlace descendente (de la estación base al dispositivo de usuario) en cada puerto de antena para permitir al dispositivo de usuario estimar la amplitud y la fase del canal desde cada antena. Esto es necesario para demodular los símbolos de datos enviados y también para permitir que el dispositivo de usuario seleccione un rango y libro de códigos preferidos. Sin embargo, la mayoría de los estándares requieren que la diferencia de retardo entre los puertos de antena (por ejemplo, entre pilotos) sea inferior a 65 ns. Dependiendo de dónde se defina el puerto de antena, este requisito puede ser difícil de conseguir con un sistema de antena distribuida debido a las grandes variaciones en las longitudes de los alimentadores.

60 2. Una diferencia de potencia entre las antenas resultará en una mayor correlación entre los flujos. Como un receptor de error cuadrático medio mínimo (MMSE) lineal para MIMO es sensible a la correlación entre flujos, el resultado será probablemente una pérdida de rendimiento en comparación con un receptor óptimo (ML). Por lo tanto, algunas de las ganancias de la introducción de MIMO serán canceladas.

65 Con el fin de resolver estos problemas, se utiliza un precodificador común. En la figura 3 se muestra un ejemplo de precodificador común para el accionamiento en HSPA. Un precodificador de MIMO 7 [ $w_1$ ;  $w_2$ ;  $w_3$  y  $w_4$ ] proporciona un mapeo desde los flujos MIMO 1 y 2 a los puertos virtuales de antena  $v_1$  y  $v_2$  de acuerdo con un libro de códigos

estandarizado. Las señales piloto enviadas en el canal piloto común (P-CPICH) y el canal piloto común secundario (S-CPICH) se añaden a los puertos de antena virtual. Un precodificador común 8 [c<sub>11</sub> c<sub>12</sub>; c<sub>21</sub> y c<sub>22</sub>] proporciona un mapeo desde los puertos de antena virtual v<sub>1</sub>, v<sub>2</sub> a los puertos de antena física p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>.

5 A título ilustrativo, el libro de códigos MIMO para HSPA se especifica en el estándar técnico 25.214 del proyecto asociación de tercera generación de la siguiente manera:

$$w_3 = w_1 = 1/\sqrt{2} \quad (1)$$

$$w_4 = -w_2 \quad (2)$$

$$w_2 \in \left\{ \frac{1+j}{2}, \frac{1-j}{2}, \frac{-1+j}{2}, \frac{-1-j}{2} \right\} \quad (3)$$

10 Un dispositivo 9 de usuario receptor determina el peso w<sub>2</sub> preferido y lo indica, junto con el número preferido de flujos, a la estación base.

Un accionamiento de MIMO en LTE es similar, pero utiliza un libro de códigos diferente que también admite hasta 4 antenas de transmisión.

15 En contraste con las disposiciones de MIMO existentes, los flujos de MIMO respectivos pueden ser mapeados a un único puerto físico de antena. Por ejemplo, el flujo 1 de MIMO puede ser mapeado al puerto p<sub>1</sub> de antena física, en cuyo caso el flujo 2 de MIMO es mapeado con el puerto p<sub>2</sub> de antena física. Esto se consigue utilizando el precodificador común 8 en combinación con una selección específica de precodificador desde el libro de códigos. De acuerdo con una implementación de la invención, el precodificador común 8 es el inverso de uno de los posibles precodificadores MIMO. Por ejemplo, para HSPA, el precodificador común es inverso ([w<sub>1</sub>; w<sub>2</sub>; w<sub>3</sub> y w<sub>4</sub>]) para una elección de w<sub>2</sub> (y w<sub>4</sub>). Para las cuatro opciones posibles de w<sub>2</sub>, los resultados serán los siguientes:

- 25 1. El flujo 1 es mapeado a p<sub>1</sub> (y el flujo 2 es mapeado a p<sub>2</sub>)
2. El flujo 1 es mapeado a p<sub>2</sub> (y el flujo 2 es mapeado a p<sub>1</sub>)
3. El flujo 1 es mapeado con la misma potencia a p<sub>1</sub> y p<sub>2</sub> (igual para el flujo 2)
- 30 4. El flujo 1 es mapeado con la misma potencia a p<sub>1</sub> y p<sub>2</sub> (igual para el flujo 2)

En circunstancias en las que hay retardo y/o compensaciones de potencia entre las antenas en los puertos p<sub>1</sub> y p<sub>2</sub>, el canal de radio para el caso 1) y 2) anterior será más beneficioso para la comunicación de MIMO debido a la transmisión en una única antena. Esto es particularmente ventajoso en la red de MIMO distribuida descrita anteriormente.

40 En una realización de la invención, el precodificador común 8 se coloca después de los amplificadores 10, 11 de potencia para conseguir la utilización del amplificador de potencia completa cuando se transmite un único flujo. Sin embargo, debido a cadenas de radio coherentes de no fase, podría ser necesario realizar el accionamiento de precodificador común en una banda base, antes de que los flujos pasen a través de amplificadores de potencia. En ese caso, un flujo mapeado a una única antena sólo utilizará un único amplificador de potencia, lo que dará lugar a una menor potencia de salida. Por otro lado, un precodificador común colocado antes de los amplificadores de potencia alcanzará la utilización del amplificador de potencia completa para los usuarios heredados de no MIMO en HSPA.

45 La relación señal a ruido (SNR) por flujo de un receptor MMSE de MIMO viene dada por la ecuación 4 siguiente:

$$\eta_k = \frac{1}{\left[ \left( \frac{\rho}{M_T} \mathbf{H}^H \mathbf{H} + \mathbf{I}_{M_T} \right)^{-1} \right]_{k,k}} - 1 \quad (4)$$

50 donde H es una matriz de canal de tamaño M<sub>R</sub> x M<sub>T</sub> y ρ es la SNR. M<sub>R</sub> es el número de puertos de antena de recepción y M<sub>T</sub> es el número de puertos de antena de transmisión.

El uso de un precodificador W da lugar a un canal eficaz  $\hat{\mathbf{H}} = \mathbf{H}\mathbf{W}$  y, por lo tanto, da como resultado un SNR η<sub>k</sub> por flujo diferente. La capacidad C de Shannon (es decir, la cantidad máxima de información que se puede transmitir de

forma fiable) de un enlace con las SNR

$$\hat{\eta}_k \text{ is } C = \sum_k \log_2(1 + \eta_k).$$

5 Para proporcionar ilustraciones ejemplares de la invención, se ha evaluado una compensación de potencia entre las antenas físicas utilizando las expresiones anteriores. Se supone que el canal H comprende  $2 \times 2$  ( $M_R \times M_T$ ) coeficientes de canal gaussiano complejos no correlacionados con una compensación de 5 dB entre la potencia de las antenas transmisoras. Se ha utilizado el libro de códigos LTE y se ha aplicado el rango y precodificador que da la capacidad C de Shannon más alta para cada realización de canal.

10 Se muestran tres casos en las figuras 4 a 6, el caso de referencia sin precodificador común (denominado No CP en las figuras), un precodificador común situado después de los amplificadores de potencia, que requiere cadenas de radio calibradas (y denominado CP después de los PA en las figuras), y un precodificador común localizado antes de los amplificadores de potencia (referido como CP antes de los PA en las figuras).

15 Como se muestra en la figura 4, para una compensación de potencia de transmisión de 5 dB, un precodificador común localizado después de los amplificadores de potencia puede proporcionar ganancias significativas para todas las SNR. Como se muestra en las figuras 5 y 6, las estadísticas de indicador de matriz de precodificación (PMI) e indicador de rango (RI) indican que esto se debe a una utilización de energía más eficaz para transmisiones de un único flujo (se prefiere encarecidamente el precodificador que transmite toda la potencia al puerto de antena más fuerte) y menos interferencia inter-flujo para transmisiones de dos flujos (se prefiere encarecidamente el precodificador que mapea un flujo por antena física). La figura 5 muestra las estadísticas PMI y RI para la precodificación utilizando el libro de códigos LTE  $2 \times 2$ , un receptor MMSE y una compensación de potencia de 5 dB entre las antenas de transmisión en una SNR de 10 dB y la figura 6 muestra las mismas estadísticas pero con una SNR de 25 dB.

25 Cuando el precodificador común se coloca antes de los amplificadores de potencia, un flujo de MIMO que es mapeado a  $p_1$  sólo utilizará uno de los amplificadores de potencia. Esto no es un problema para la transmisión de dos flujos ya que el otro flujo será mapeado simultáneamente con el otro amplificador de potencia, permitiendo la utilización total de los recursos de energía disponibles. Sin embargo, cuando el dispositivo de usuario pide que se transmita un único flujo, algunas elecciones de precodificador darán como resultado sólo la mitad de la potencia disponible que se utiliza. Por lo tanto, estas elecciones particulares de precodificador son menos eficaces para proporcionar un canal adecuado al dispositivo de usuario y, por tanto, son menos probables de ser seleccionadas por el dispositivo de usuario. Esto a su vez reduce algunos de los beneficios de la precodificación de bucle cerrado, dando como resultado una ligera pérdida de aproximadamente 0,3-0,4 dB en comparación con el accionamiento sin un precodificador común. Sin embargo, en las SNR altas donde la transmisión de dos flujos es predominantemente solicitada, esta desventaja desaparece y se observan ganancias.

30 La ganancia en un escenario de compensación de retardo puede ilustrarse con referencia al sistema de antena distribuida ilustrado en la figura 2. En este hipotético escenario existen nueve antenas físicas en las que cada antena de número impar está conectada al puerto 1 de antena y cada antena de número par está conectada al puerto 2 de antena. Debido a los retardos de propagación en la fibra óptica y la red de alimentación de RF, hay distancias de retardo entre las antenas físicas, y el retardo de propagación en el aire también diferirá. El resultado es una mayor dispersión del tiempo.

45 Mediante el uso de un precodificador común como se ha descrito anteriormente, los flujos mapeados a un único puerto de antena experimentarán diferente dispersión de tiempo a flujos mapeados a ambos puertos de antena. La ventaja de transmitir un flujo en un puerto de antena sólo puede verse en las figuras 7 y 8, que son gráficas que muestran la propagación de retardo de RMS y las funciones de distribución acumulativa para la propagación de retardo de RMS para mapear flujos a ambos puertos de antena, mapear flujos al puerto de antena más fuerte utilizando un precodificador común como se ha descrito anteriormente, y mapear flujos al puerto de antena más débil utilizando un precodificador común como se ha descrito anteriormente.

50 En comparación con los flujos transmitidos a través de ambos puertos de antena, un flujo transmitido en el puerto de antena más fuerte experimenta aproximadamente la mitad de dispersión de tiempo. Esto debería ser especialmente beneficioso para por ejemplo un receptor HSPA que utiliza un ecualizador lineal. Sin embargo, una desventaja es la mayor dispersión de tiempo en el segundo flujo (más débil). En otras palabras, la presente invención hace que la ecualización de la dispersión del tiempo sea más fácil en el flujo más fuerte, y más difícil en el flujo más débil. Como el flujo más fuerte puede transportar más datos que el flujo más débil, y el dispositivo de usuario solicita solamente la transmisión de dos flujos cuando la SNR es lo suficientemente alta, se puede esperar un efecto neto positivo, particularmente en las SNR más bajas.

55 A modo de ejemplo, se ilustra una estación base 12 en la figura 9. La estación base 12 está conectada a una pluralidad de antenas físicas 13. Un microprocesador 14 implementa el accionamiento del precodificador de MIMO 7

y el precodificador común 8 como se ha descrito anteriormente. También se proporciona una memoria 15 en forma de un medio legible por ordenador. Un programa 16 se almacena en la memoria. Cuando el programa es ejecutado por el procesador 14, hace que el procesador realice los accionamientos de precodificación descritos anteriormente.

5 La figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos de la invención, con la siguiente numeración correspondiente a la de la figura 10:

S1. El precodificador de MIMO 7 realiza un accionamiento de precodificación.

10 S2. El precodificador común 8 realiza un accionamiento de precodificación inversa para mapear flujos de datos MIMO a antenas individuales.

S3. Los flujos de datos MIMO pasan a través de los amplificadores 10, 11 de potencia.

15 Los pasos anteriores pueden realizarse en cualquier orden, y no están limitados por el orden presentado anteriormente. En particular, el paso S3 puede preceder al paso S2, tal como cuando el paso S2 se realiza en RF utilizando un circuito pasivo tal como un combinador híbrido de 90 grados o un dispositivo de puerto múltiple similar. Cuando el paso S2 se realiza antes del paso S3, se realiza preferentemente en la banda base utilizando el procesamiento de señal digital.

20 La invención compensa y reduce el impacto de los desajustes introducidos del despliegue de múltiples antenas en señales MIMO de múltiples flujos, específicamente en las áreas de compensación de temporización de señales, por ejemplo creando una propagación de retardo inducido de la señal recibida y en el área de desequilibrio de potencia desde múltiples antenas,

25 Los desajustes introducidos del despliegue descrito anteriormente pueden esperarse específicamente en sistemas de antenas distribuidas en ambientes interiores y la invención puede crear implementaciones rentables que soporten transmisiones de múltiples flujos como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, la invención propuesta no se limita al tipo de escenario o ambiente anterior, sino que también puede utilizarse para un enlace ascendente MIMO con diferentes restricciones de implementación en un tipo de factor de forma pequeño de dispositivo de usuario. Por ejemplo, la figura 11 ilustra un dispositivo 9 de usuario que está provisto de una pluralidad de antenas físicas 17. Un microprocesador 18 controla el accionamiento de un precodificador de MIMO 7 y un precodificador común 8 como se ha descrito anteriormente. También se proporciona una memoria 19 en forma de un medio legible por ordenador. Un programa 20 se almacena en la memoria. Cuando el programa 20 es ejecutado por el procesador 18, hace que el procesador 18 realice los accionamientos de precodificación descritos anteriormente.

35 Una persona experta en la técnica apreciará que se pueden hacer diversas modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

40 Las siguientes abreviaturas se han utilizado en la descripción anterior:

3GPP	Proyecto asociación de tercera generación
HSPA	Acceso de paquetes a alta velocidad
LTE	Evolución a largo plazo
MIMO	Múltiple entrada múltiple salida
ML	Máxima verosimilitud
MMSE	Error cuadrático medio mínimo
P-CPICH	Canal piloto común
S-CPICH	Canal piloto común secundario
SISO	Única entrada única salida
SNR	Relación señal a ruido



**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un dispositivo de antena para precodificar datos en un sistema múltiple entrada múltiple salida, comprendiendo el dispositivo de antena:
- 5 una pluralidad de antenas físicas, cuya pluralidad de antenas físicas son para un sistema de antena distribuida;
- un precodificador (7) de múltiple entrada múltiple salida, teniendo el precodificador de múltiple entrada múltiple salida una pluralidad de entradas para una pluralidad de flujos de datos y una pluralidad de salidas para la pluralidad de flujos de datos;
- 10 un precodificador segundo (8) dispuesto en serie con el precodificador de múltiple entrada múltiple salida, el precodificador segundo está dispuesto para mapear un flujo de datos a una salida asociada con un puerto de antena física asociado con al menos una de la pluralidad de antenas físicas;
- 15 en el que el precodificador segundo (8) está además dispuesto para mapear todas las señales piloto de flujo de datos a cada puerto de antena física asociado con la pluralidad de antenas físicas, en el que los pesos ( $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ) del precodificador segundo se adaptan para reducir una diferencia de temporización y una diferencia de potencia entre la pluralidad de antenas físicas para el sistema de antena distribuida.
- 20 2.- El dispositivo de antena de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el precodificador segundo (8) realiza un accionamiento inverso al realizado por el precodificador (7) de múltiple entrada múltiple salida.
- 3.- El dispositivo de antena de acuerdo con cualquier de las reivindicaciones 1-2, en el que el precodificador segundo (8) es dispuesto en serie entre una pluralidad de amplificadores (10, 11) de potencia y la pluralidad de antenas físicas.
- 25 4.- El dispositivo de antena de acuerdo con cualquier de las reivindicaciones 1-2, en el que el precodificador segundo es dispuesto en serie entre una pluralidad de amplificadores (10, 11) de potencia y la pluralidad de antenas físicas.
- 30 5.- Un método para precodificar datos en un sistema de múltiple entrada múltiple salida con una pluralidad de antenas físicas para un sistema de antena distribuida, comprendiendo el método:
- 35 proporcionar (1) un precodificador de múltiple entrada múltiple salida, teniendo el precodificador de múltiple entrada múltiple salida una pluralidad de entradas para una pluralidad de flujos de datos y una pluralidad de salidas para la pluralidad de flujos de datos;
- 40 en un precodificador segundo dispuesto en serie con el precodificador de múltiple entrada múltiple salida, mapear (S2) un flujo de datos a una salida asociada con un puerto de antena física asociado con al menos una de la pluralidad de antenas físicas para el sistema de antena distribuida;
- 45 en el que, en el precodificador segundo, mapear todas las señales piloto de flujo de datos a cada puerto de antena física asociado con la pluralidad de antenas físicas, en el que los pesos ( $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ) del precodificador segundo (8) se adaptan para reducir una diferencia de temporización y una diferencia de potencia entre la pluralidad de antenas físicas para el sistema de antena distribuida.
- 6.- El método de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende, en el precodificador segundo, realizar (S2) un accionamiento inverso al realizado por el precodificador de múltiple entrada múltiple salida.
- 50 7.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-6, que comprende además pasar el flujo de datos a través del precodificador segundo antes de que pase a través del amplificador de potencia.
- 8.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-6, que comprende además pasar el flujo de datos a través del precodificador segundo después de que pase a través del amplificador de potencia.
- 55 9.- Una estación base de radio que comprende un dispositivo de antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 60 10.- Un dispositivo (9) de usuario para precodificar datos en un sistema de múltiple entrada múltiple salida, comprendiendo el dispositivo (9) de usuario:
- una pluralidad de antenas físicas (17);
- 65 un precodificador (7) de múltiple entrada múltiple salida, teniendo el precodificador de múltiple entrada múltiple salida una pluralidad de entradas para una pluralidad de flujos de datos y una pluralidad de salidas para la pluralidad

de flujos de datos;

5 un precodificador segundo (8) dispuesto en serie con el precodificador de múltiple entrada múltiple salida, el precodificador segundo está dispuesto para mapear un flujo de datos a una salida asociada con una antena física individual de la pluralidad de antenas físicas;

un microprocesador (18) para controlar un accionamiento del precodificador (7) de múltiple entrada múltiple salida y el precodificador segundo (8);

10 en el que el precodificador segundo (8) es además dispuesto para mapear todas las señales piloto de flujo de datos a cada puerto de antena física asociado con la pluralidad de antenas físicas, en el que los pesos ( $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ) del precodificador segundo (8) se adaptan para reducir una diferencia de temporización y una diferencia de potencia entre la pluralidad de antenas físicas para el sistema de antena distribuida.

15 11.- Un programa informático (16), que comprende código legible por ordenador, cuyo código legible por ordenador, cuando se ejecuta en una estación base (12) de radio, hace que la estación base (12) de radio realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8.

20 12.- Un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador (15) y un programa informático de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el programa informático se almacena en el medio legible por ordenador.

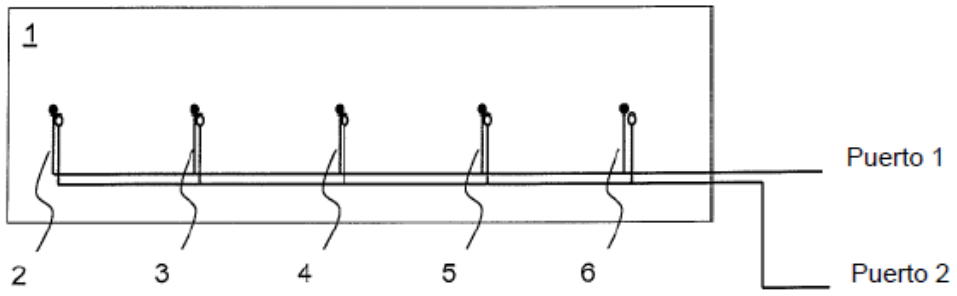


Figura 1

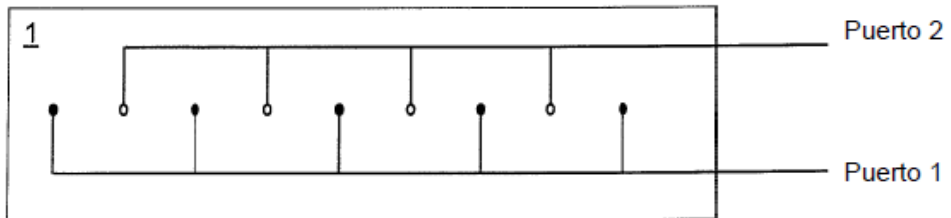


Figura 2

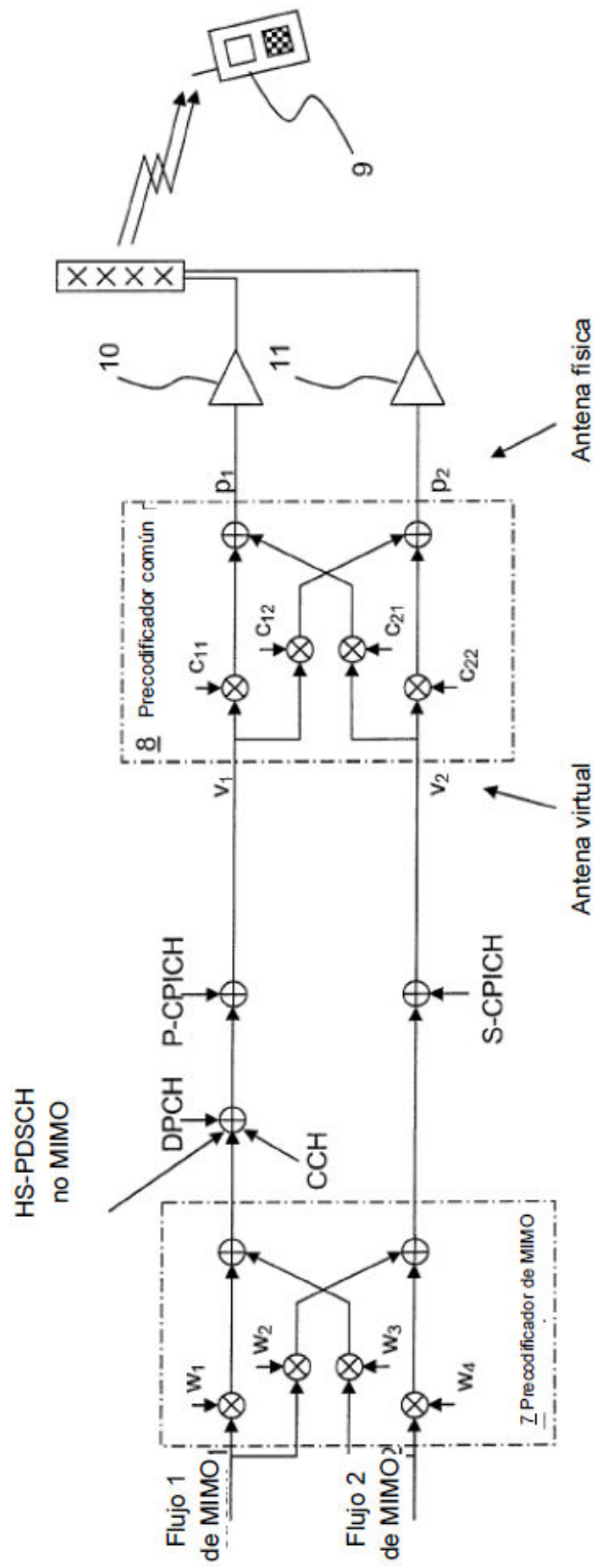


Figura 3

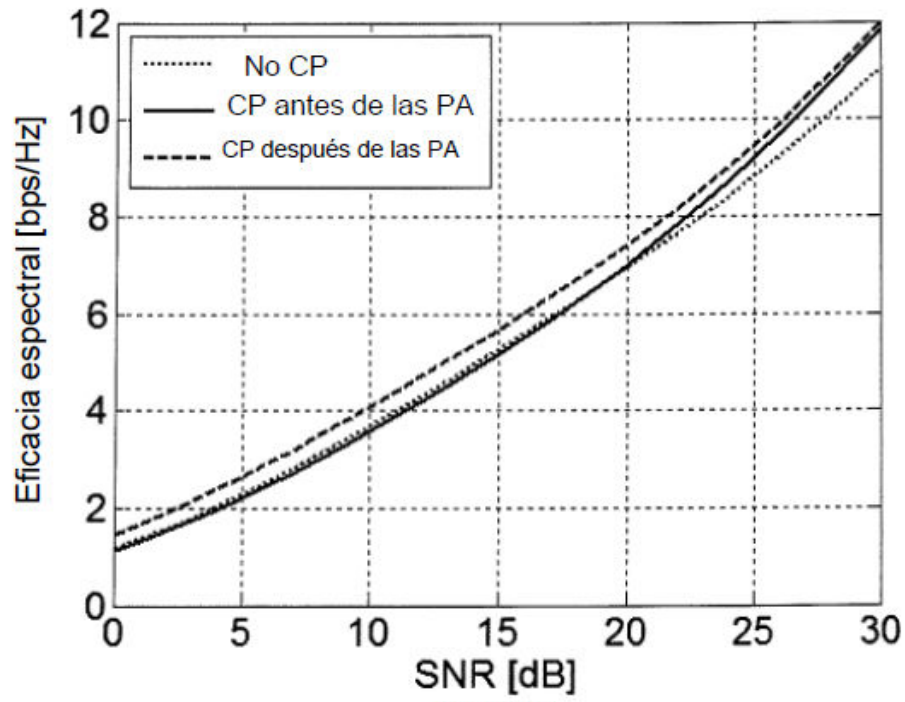


Figura 4

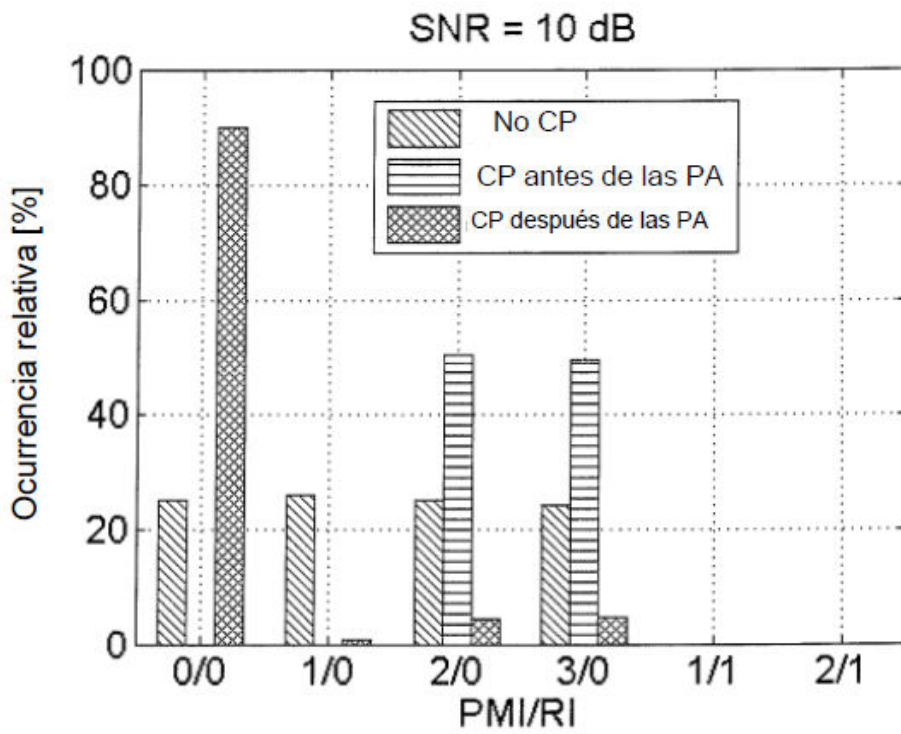


Figura 5

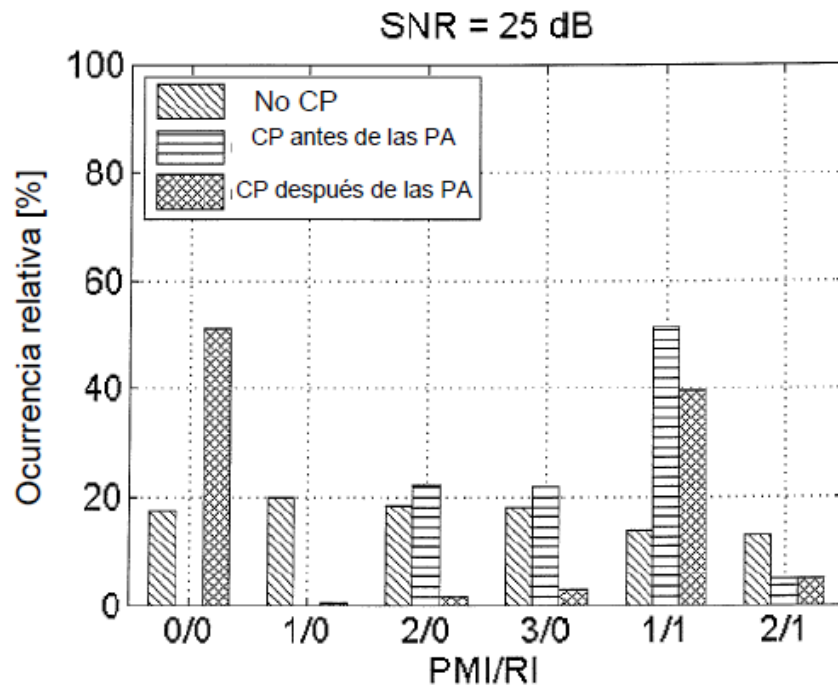


Figura 6

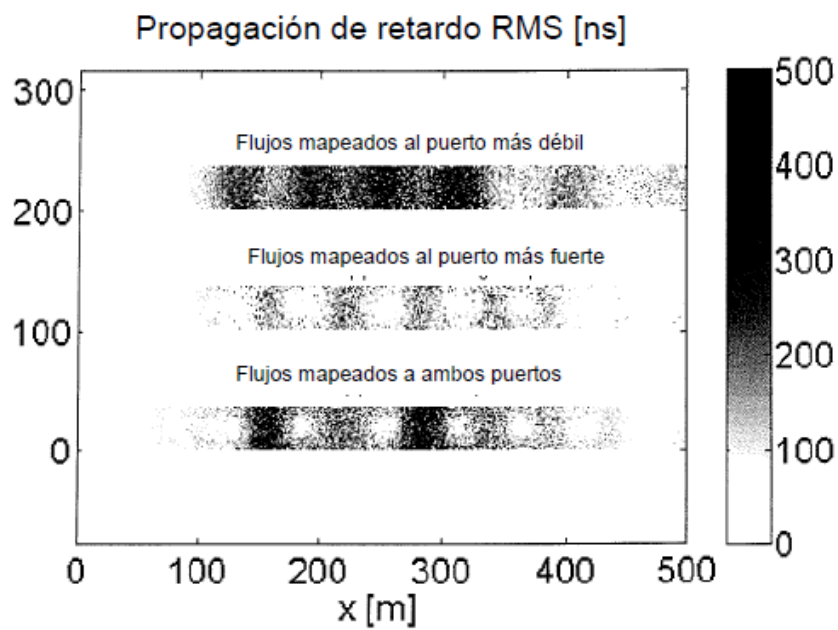


Figura 7

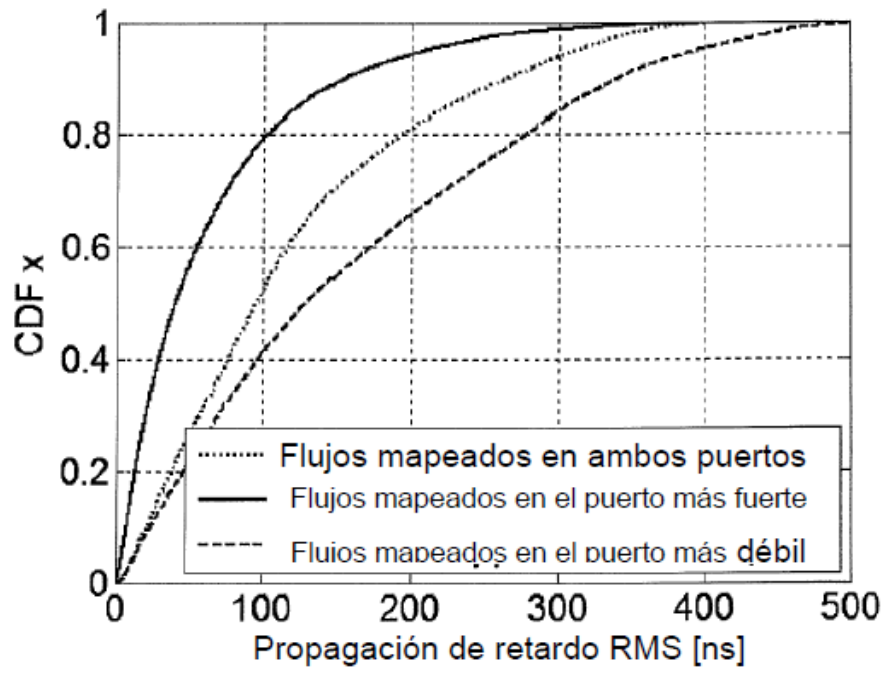


Figura 8

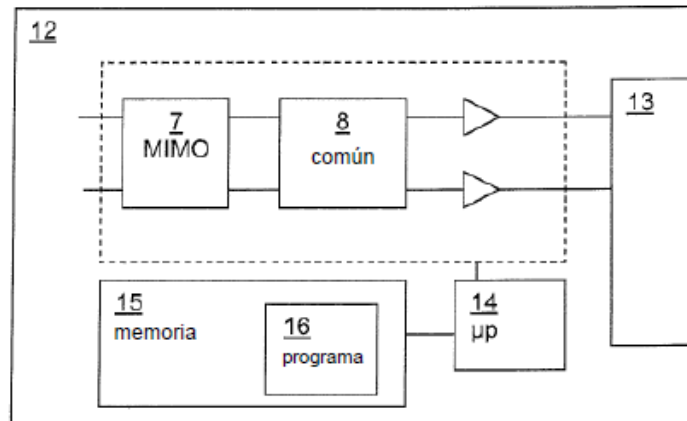


Figura 9

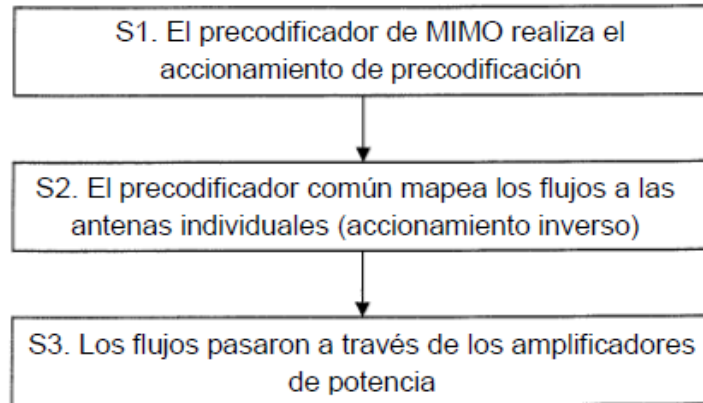


Figura 10

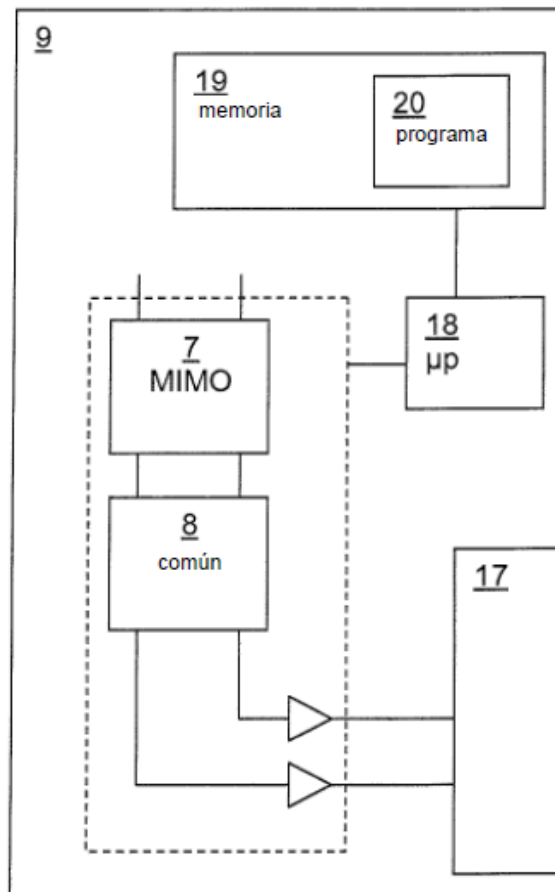


Figura 11