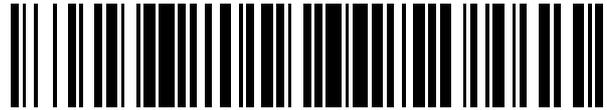


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 894**

51 Int. Cl.:

H04B 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2009 E 09100235 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2015 EP 2242187**

54 Título: **Método y dispositivo para procesamiento de datos en una red de comunicación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.01.2016

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHULZ, EGON y
ZIRWAS, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 557 894 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).

Método y dispositivo para procesamiento de datos en una red de comunicación

DESCRIPCIÓN

5 La invención se refiere a un método y a un dispositivo para procesamiento de datos en una red de comunicación.

10 Los sistemas de múltiples antenas permiten un aprovechamiento activo de los grados de libertad espacial para aumentar la eficacia espectral y para potenciar el caudal en sistemas de comunicación inalámbrica.

15 Adicionalmente, la separación espacial de flujos de datos transmitidos simultáneamente puede realizarse en el lado de transmisión o en el lado de recepción dependiendo de la información del estado del canal (CSI) disponible y de las capacidades de procesamiento de señal conjunto.

20 El procesamiento de señal de MIMO en el nivel de enlace utiliza multiplexación espacial o acceso múltiple por división del espacio (SDMA) de acuerdo con IEEE 802.11n, WiMAX y Evolución a Largo Plazo de 3G (3G-LTE).

25 Si los sistemas habilitados con MIMO que conectan una estación base y varios terminales móviles se despliegan en un entorno celular, la interferencia entre las celdas que usan los mismos recursos de radio se hace un factor limitante. El concepto de separación de señal de MIMO puede aplicarse para gestión de interferencia activa. Sin embargo, cualquier supresión de interferencia desde celdas adyacentes es un asunto clave en sistemas de comunicación móvil celular. Por lo tanto, si múltiples estaciones base colaboran, el concepto de MIMO tiene que ampliarse a un número superior de antenas implicadas en el procesamiento de señal conjunto aumentando de esta manera una complejidad computacional y causando desafíos con respecto a recopilación de datos de canal distribuidos y transmisión de señal coherente o recepción en localizaciones de antena que pueden desplegarse a una distancia de más de 1000 metros.

30 Los métodos para recopilar CSI desde terminales móviles (MT) distribuidos normalmente dependen de un diseño de transceptor y de una selección de algoritmos.

35 Antti Tölli, "Resource Management in Cooperative MIMO-OFDM Cellular Systems", abril de 2008, Oulu University Press, ISBN 978-951-42-8776-3, describe técnicas de gestión de recursos de radio eficaces para redes celulares que siguen los sistemas de 2G y 3G. El trabajo se centra en el diseño de estrategias de transmisión en un sistema celular cooperativo donde el procesamiento de señal puede realizarse de una manera centralizada a través de cabeceras de antenas de estación base distribuidas. El trabajo menciona sistemas de radio futuros que incluyen comunicación de múltiple entrada múltiple salida basándose en múltiples antenas en tanto los transmisores como los receptores. Como se describe allí, la eficacia espectral de tal transmisión de MIMO puede aumentarse drásticamente si está disponible algún nivel de información del estado del canal en el transmisor, permitiendo al sistema adaptar eficazmente y aprovechar el espectro disponible y el canal de radio. El desafío principal, sin embargo, sería hacer disponible la CSI en el transmisor. Esto podría conseguirse transmitiendo la CSI como información de realimentación a través del enlace inverso. Sin embargo, proporcionar la CSI completa mediante realimentación puede producir una tara excesiva en el canal inverso, y por lo tanto sería difícil realizar esto en la práctica. Más tarde, el trabajo describe un algoritmo de bucle cerrado para compensar el efecto de no reciprocidad de interferencia en el transmisor según el cual se aplica un único valor de compensación de potencia en el transmisor a través de todos los modos propios que compensa la interferencia no recíproca selectiva para la frecuencia, tiempo y espacio entre el enlace descendente y el enlace ascendente de TDD. El receptor estima una métrica de calidad de señal a partir de la señal transmitida, compara la métrica estimada a la métrica objetivo, y transmite el valor de compensación actualizado al transmisor, donde el valor de compensación se usa para ajustar la velocidad de transmisión por sub-canal de modo que se alcanza la métrica de calidad de señal objetivo.

45 El documento XP 31370363A describe una solución distribuida para cooperación de estación base mediante diagonalización de bloques y descomposición dual para maximizar la capacidad de red de suma ponderada bajo restricción por antena. La matriz de pre-codificación de diagonalización de bloques se determina por separado en cada estación base. Este artículo supone que las estaciones base tienen información sobre la información del estado del canal como ocurre en los terminales móviles sin presentar, sin embargo, detalles sobre cómo conseguir la transmisión de información.

50 El problema a resolverse es superar las desventajas como se han mencionado anteriormente y en particular a introducir un mecanismo que permita una utilización eficaz de información de realimentación, en particular datos de CSI, proporcionados mediante terminales móviles.

55 Este problema se resuelve de acuerdo con las características de las reivindicaciones independientes. Resultan realizaciones adicionales a partir de las reivindicaciones dependientes.

60 De acuerdo con una realización de la presente invención de un método para procesamiento de datos en una red de comunicación

- un terminal móvil recibe varias señales de entrada desde al menos una estación base; y
- el terminal móvil procesa dichas varias señales de entrada en una información de realimentación que se transporta a al menos una estación base.

5 Por lo tanto, dicha información de realimentación es una información combinada (en particular comprimida) y por lo tanto reducida que conduce de esta manera a reducción significativa de tráfico de señalización entre el terminal móvil y la al menos una estación base.

10 La información de realimentación proporcionada mediante el terminal móvil puede usarse para gestión de interferencia, en particular para reducir una interferencia de un área de colaboración utilizando transmisión conjunta.

El enfoque es aplicable en particular para varios terminales móviles, en el que cada terminal móvil puede comprender una antena o varias antenas.

15 Es también una opción que el terminal móvil procese información de realimentación a varias estaciones base, por ejemplo, a dos estaciones base permitiendo de esta manera que el terminal móvil mantenga dos conexiones activas y/o dos canales con diferentes estaciones base. Esto, sin embargo, se aplica en general para varias conexiones y/o canales.

20 Se observa que el terminal móvil al que se hace referencia puede ser cualquier dispositivo móvil con una interfaz de radio, en particular cualquier teléfono móvil, UE, asistente digital personal, ordenador o unidad de procesamiento.

25 La estación base a la que se hace referencia puede ser cualquier estación de radio dispuesta para servir a un terminal móvil. La estación base puede ser un NodoB, un eNodoB o cualquier punto de acceso con una interfaz de radio que pueda utilizarse mediante el terminal móvil.

Las estaciones base pueden conectarse entre sí, por ejemplo, mediante una interfaz X2.

30 En una realización, dicha información de realimentación comprende información del estado del canal (CSI).

En otra realización, el terminal móvil comprende varias antenas, utilizando al menos una antena para fines de supresión de interferencia.

35 Por ejemplo, puede utilizarse la formación de haces mediante dichas varias antenas del terminal móvil amplificando de esta manera la señal y reduciendo cualquier interferencia.

En una realización adicional, la información de realimentación se transporta a la estación base servidora del terminal móvil.

40 En caso de que el terminal móvil tenga varias estaciones base servidoras, la información de realimentación puede proporcionarse a cada una de sus estaciones base servidoras.

45 En una siguiente realización, la estación base distribuye la información de realimentación a al menos una estación base adicional y/o a una unidad central, en el que la estación base y la al menos una estación base adicional y/o la unidad central que tienen conocimiento de la información de realimentación realizan un procesamiento conjunto, en particular un cálculo de pre-codificador.

50 Por lo tanto, las varias estaciones base que realizan un cálculo de pre-codificador conjunto pueden establecer un área de colaboración. Tal área de colaboración puede determinarse basándose en la información de realimentación proporcionada mediante el terminal móvil (o basándose en información de realimentación proporcionada mediante varios terminales móviles). La cantidad de información de realimentación alimentada a las estaciones base de un área de colaboración se reduce significativamente debido al procesamiento (por ejemplo, combinación) sugerido por este enfoque. Por lo tanto, basándose en la información de realimentación las estaciones base del área de colaboración pueden proporcionar procesamiento de interferencia eficaz, por ejemplo, forzado a cero o cualquier otro tipo de ortogonalización de canal, que permite un procesamiento de datos mejorado en el área de colaboración a una cantidad reducida de tara de señalización debido a la información de realimentación procesada.

55 Es también una realización que la información de realimentación comprenda al menos uno de lo siguiente:

- una pre-codificación virtual realizada mediante el terminal móvil;
- al menos un canal de radio eficaz.

60 El terminal móvil basándose en la señal de entrada puede realizar una pre-codificación virtual y proporcionar tal

información de realimentación a su estación base servidora. La estación base servidora a continuación tiene conocimiento de una pre-codificación real que sería beneficiosa para este terminal móvil particular. Por lo tanto, la pre-codificación proporcionada mediante la estación base puede activarse mediante el terminal móvil. También, la estación base puede considerar varias sugerencias de pre-codificación virtual de este tipo mediante varios terminales móviles para proporcionar una pre-codificación global beneficiosa.

La al menos una estación base puede tener o proporcionar un conjunto de pre-codificador (libro de códigos) y el terminal móvil puede realizar pre-codificación virtual basándose en tal información de libro de códigos. Por lo tanto, el terminal móvil puede elegir un pre-codificador a partir del conjunto de pre-codificadores que cumple mejor con sus necesidades. En particular, el terminal móvil puede informar su canal de radio eficaz para este pre-codificador seleccionado.

Conforme a otra realización, la al menos una estación base tiene varias antenas.

Por lo tanto, debido a las varias antenas de la estación base, puede conseguirse una formación de haces o pre-codificación, que puede mejorarse basándose en la información de realimentación procesada en el terminal o terminales móviles.

De acuerdo con una realización, la señal de entrada es una señal de referencia transportada mediante varias antenas de la al menos una estación base.

De acuerdo con otra realización, la al menos una estación base realiza pre-codificación y/o formación de haces basándose en la información de realimentación obtenida mediante el terminal móvil.

En otra realización más, la al menos una estación base transporta un primer tipo de señales de entrada con una cantidad elevada de información de manera infrecuente y un segundo tipo de señales de entrada con una cantidad reducida de información con frecuencia.

Por ejemplo, en una base de sub-trama de cada 100 ms, la cantidad elevada de información puede transportarse hacia el terminal o terminales móviles y con cada trama (10 ms) la cantidad reducida de información puede transportarse de una manera pre-codificada a un terminal móvil particular.

El primer tipo de señales de entrada puede transportarse mediante todas las antenas de una estación base y el segundo tipo de señales de entrada puede transportarse de una manera en formación de haces utilizando, por ejemplo, únicamente una selección de antenas de una manera predefinida.

Es también una realización, que la información de realimentación comprenda un primer tipo de información de realimentación con una cantidad elevada de información transportada de manera infrecuente y un segundo tipo de información de realimentación con una cantidad reducida de información transportada con frecuencia.

Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente con respecto al primer y segundo tipo de señal de entrada, la información de realimentación puede transportarse a la al menos una estación base de una manera similar. En particular, el primer tipo de información de realimentación puede transportarse mediante varias antenas del terminal móvil, mientras que el segundo tipo de información de realimentación puede transportarse de una manera en formación de haces utilizando las antenas del terminal móvil de una manera predefinida.

De acuerdo con una siguiente realización, al menos dos estaciones base se organizan como un área de colaboración proporcionando en particular una transmisión coherente.

Conforme a una realización más, las estaciones base de un área de colaboración proporcionan procesamiento distribuido.

De acuerdo con una realización adicional, las señales de entrada desde la al menos una estación base son al menos parcialmente ortogonales entre sí.

Es también una realización que el terminal móvil proporcione la información de realimentación mediante un procesamiento de canal de múltiple entrada única salida, en el que el terminal móvil selecciona en particular una estrategia de recepción.

Como una opción, el terminal móvil puede seleccionar su estrategia de recepción basándose en sus capacidades de procesamiento, en particular independientes de otras estrategias de recepción de otros terminales móviles.

El terminal móvil puede considerar también interferencia externa que podría determinarse mediante al menos una de sus antenas, y procesar tal información en la información de realimentación combinada para transportarse a la al

menos una estación base.

El problema indicado anteriormente se resuelve también mediante un dispositivo que comprende una y/o que está asociado con una unidad de procesador y/o un circuito de cableado permanente y/o un dispositivo lógico que está dispuesto de manera que el método como se describe en el presente documento es ejecutable en el mismo. De acuerdo con una realización, el dispositivo es un dispositivo de comunicación, en particular uno o que está asociado con un terminal móvil o una estación base.

En particular varias de tales estaciones base podrían organizarse en un área de colaboración, en el que un componente de red central (que puede ser una entidad funcional desplegada con una estación base particular) organiza el área de colaboración. Por lo tanto, el dispositivo mencionado puede ser una estación base con un componente de red central de este tipo o incluso un componente de red central desplegado como una entidad física.

El problema indicado anteriormente se resuelve adicionalmente mediante un sistema de comunicación que comprende el dispositivo como se describe en el presente documento.

Se muestran e ilustran realizaciones de la invención y en las siguientes figuras:

La Figura 1 muestra un área de colaboración que comprende tres estaciones base que permiten una transmisión coherente hacia los terminales móviles asociados;

La Figura 2 representa un diagrama esquemático que visualiza un enfoque para realimentar la pre-selección en cada uno de dos terminales móviles;

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático que ilustra una transformación de un canal de MIMO en un canal de MISO eficaz con SINR conocida.

El enfoque proporcionado propone un esquema de antena colaborativo para gestión de interferencia activa dentro de una denominada área de colaboración (CA). Se sugiere en particular utilizar una estructura unificada para realimentación proporcionada mediante los terminales móviles (MT) para gestión de interferencia activa.

Las antenas de recepción en un terminal móvil pueden usarse conjuntamente para detección de datos así como supresión de interferencia. Cada usuario puede solicitar un flujo de datos. Sin embargo, es también una opción soportar múltiples flujos de datos por usuario. En tal caso, los terminales móviles pueden proporcionar múltiples canales de realimentación de MISO.

Considerando el caso de múltiples antenas de Rx por terminal, cada usuario puede seleccionar independientemente su estrategia de recepción preferida (es decir, seleccionar antena o antenas de Rx, seleccionar MRC y/o IRC y utilizar filtro de recepción en consecuencia) y transportar el canal de MISO eficaz aparente detrás del filtro de recepción. El escenario de un único terminal de antena de Rx corresponde a la selección de antena de Rx.

Cada terminal móvil a continuación determina los coeficientes de canal y a continuación los informa a la estación base servidora (BS). A su vez la BS distribuye estos entre las BS en el CA. Las BS a continuación realizan un cálculo de pre-codificador conjunto de una manera paralela, reduciendo intercambio adicional de pesos de pre-codificador y minimizando el retardo a través del enlace de conexión entre las BS. Una aplicación coordinada y conjunta final de estos pesos de pre-codificador permite la supresión de interferencia intra-celda y transmisión conjunta coherente de flujos de datos a partir de antenas distribuidas.

El enfoque sugerido se aplica en particular para sistemas que usan pre-codificación basada en CSI y/o formación de haces independientemente de si los sectores de la estación base están o no colaborando.

Por ejemplo, se considera una estructura para aprovisionamiento de realimentación desde al menos un terminal móvil a al menos una estación base. La solución proporcionada en particular utiliza un canal de MISO y cada terminal móvil puede seleccionar una estrategia de recepción independientemente de cualquier otro terminal móvil. Tal selección puede realizarse basándose en la capacidad computacional del terminal móvil respectivo.

Una información de canal de múltiples celdas puede realimentarse a al menos una estación base después de procesamiento de receptor mediante el terminal móvil. Varias estaciones base pueden combinarse en un área de colaboración (CA). El procesamiento distribuido puede proporcionarse mediante cada estación base facilitando de esta manera una implementación en tiempo real.

La **Figura 1** muestra un área de colaboración que comprende tres estaciones base 101, 102, 103 que permiten una transmisión coherente hacia terminales móviles asociados.

La **Figura 2** representa un diagrama esquemático que visualiza un método para pre-selección de realimentación en cada terminal móvil.

5 Un terminal móvil 201 comprende dos antenas 203, 204, un filtro de recepción w_1 y proporciona una realimentación de canal de MISO h^{MT1} a una estación base **BS**₁. Por consiguiente, un terminal móvil 202 comprende dos antenas 205, 206, un filtro de recepción w_2 y proporciona una realimentación de canal de MISO h^{MT2} a una estación base **BS**₂.

10 Las estaciones base **BS**₁ y **BS**₂ ambas realizan una transmisión conjunta coherente 207 que procesa todo el pre-codificador C^{CAi} en la realimentación de usuario dada, pero usando las partes respectivas correspondientes C_1^{CAi} y C_2^{CAi} para transmisión conjunta coherente. Cada estación base **BS**₁ y **BS**₂ en la Figura 2 comprende dos antenas 208, 209 y 210, 211 que se alimentan mediante una matriz de pre-codificación C_1, C_2 para cada estación base **BS**₁ y **BS**₂. Las antenas de la Figura 2 comunican mediante un canal de radio 212 descrito como $H_i C_i$ que indica un área colaborativa i .

15 En este caso cada sector se permite usar formadores de haces unitarios independientes C_1, C_2 en caso de transmisión no colaborativa. Por lo tanto, cada MT proporciona realimentación en su canal de MISO eficaz, observado entre varias antenas de BS.

20 Se observa que la colaboración de BS aumenta el número de antenas desde la perspectiva de procesamiento de señal. Para el caso de MT de múltiples antenas, SDMA con un único flujo de datos por usuario puede ser el modo de transmisión dominante en sistemas multi-usuario. Por lo tanto, proporcionar realimentación mediante un único flujo de datos puede ser suficiente para un usuario y ahorrará una cantidad significativa de tara de realimentación.

25 En caso de MT de única antena, cada MT puede procesar un canal de MISO y puede proporcionar información de realimentación acerca del mismo a su BS servidora.

30 En caso de MT de múltiples antenas, cada MT puede usar filtros de recepción lineal para informar un MISO eficaz a su estación base servidora. El canal de MISO eficaz puede determinarse basándose en varias señales de entrada desde una BS o varias BS. Cada BS puede proporcionar varias señales de entrada mediante varias antenas. Adicionalmente, las BS pueden ser de un CA, pero pueden ser también de diferentes CA. En particular puede utilizarse una señal de referencia desde una BS que no es parte del CA actual para fines de formación de haces en el MT.

35 La **Figura 3** muestra un diagrama esquemático que ilustra una transformación de un canal de MIMO en un canal de MISO eficaz con SINR conocida. Dicho canal de MISO eficaz se transporta como información de realimentación a la BS servidora de los MT. Por lo tanto, el canal de MIMO H_i^{MIMO} recibido mediante dos antenas en el MT respectivo m desde dos BS se combina en dicho canal de MISO eficaz h_i^{MISO} .

40 Por lo tanto cada MT puede elegir al menos uno de los siguientes enfoques, en particular su filtro o filtros de recepción, de acuerdo con sus propias capacidades computacionales:

- Selección de antena de recepción sencilla;
- Combinación de Relación Máxima (MRC);
- Combinación de Rechazo de Interferencia (IRC), en particular que comprende diferentes grados de conocimiento de interferencia;
- Descomposición de valor singular (SVD), opcionalmente en combinación con MRC y/o IRC.

50 Cada BS en el área colaborativa (CA) puede usar un algoritmo pre-seleccionado para fines de ortogonalización de usuario y puede ser capaz de determinar pesos de pre-codificación de una manera distribuida.

Pueden utilizarse los siguientes mecanismos de señalización:

- (a) las BS pueden pedir a los MT que proporcionen un tipo específico de realimentación de CSI, es decir MIMO-CSI completa o MISO-CSI eficaz.
- (b) pueden usarse identificadores únicos para procesamiento distribuido, es decir de acuerdo con un orden de antenas de BS.
- (c) son preferibles protocolos para transmisión conjunta estable para asegurar operación estable, por ejemplo, en caso de pérdida de paquetes.

Ventajas adicionales:

(a) el enfoque posibilita una estructura unificada para realimentar y permite también transmisión no colaborativa.

5 (b) se proporciona una gestión de interferencia colaborativa distribuida, que incluye en particular MIMO de red (transmisión de multipunto cooperativa (CoMP), transmisión conjunta).

(c) puede seleccionarse un punto de colaboración en la BS.

10 (d) puede reducirse significativamente una cantidad de señalización de realimentación para las antenas de transmisión de la estación o estaciones base así como para las antenas de recepción del terminal móvil. Por ejemplo, en caso de $r_a=2$ antenas de recepción en un factor de 2 y en general en un factor de r_a por valor del número de antenas de recepción.

En lo sucesivo, se describen detalles adicionales con respecto a los conceptos sugeridos.

15

Modelo de sistema

Un sistema de transmisión de múltiple entrada múltiple salida (MIMO)-OFDM de enlace descendente para un sector aislado con N_T antenas de transmisión y N_R antenas de recepción por MT puede describirse en una base por sub-portadora como sigue

20

$$\mathbf{y} = \mathbf{H} \mathbf{C} \mathbf{x} + \mathbf{n} \tag{1}$$

donde

25

- H** es una matriz de canal $N_R \times N_T$;
- C** es una matriz de pre-codificación $N_T \times N_T$ unitaria o una matriz que indica cualquier formato de modulación, comprendiendo en particular modulación de amplitud;
- X** indica un vector de símbolos de transmisión $N_T \times 1$;
- 30 **y, n** indican vectores de señales recibidas $N_R \times 1$ y de las muestras de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN), respectivamente, con una covarianza por valor de $E\{\mathbf{nn}^H\} = \sigma^2 \mathbf{I}$.

En un canal de enlace descendente de un sistema celular, los recursos de frecuencia pueden reutilizarse en todas las celdas vecinas. Dependiendo del despliegue de los sitios de estación base y dependiendo de una posición real del MT, el MT puede recibir señales de interferencia destinadas para otros usuarios además de su propia señal deseada.

35

En una etapa inicial, todas las BS pueden proporcionar Ω conjuntos de haces unitarios fijos \mathbf{C}_ω , $\omega \in \{1, \dots, \Omega\}$.

40 Cada conjunto de haces puede comprender αN_T vectores (haces) de pre-codificación fijos $\mathbf{b}_{\omega,u}$ con $u \in \{1, \dots, \alpha N_T\}$, donde α indica un tamaño de un área de colaboración (CA). Cada BS-grupo i puede seleccionar independientemente uno de estos conjuntos de haces.

45 Cada sector puede usar N_T haces, indicados mediante $\mathbf{b}_{i,u}$ como el u -ésimo vector de pre-codificación usado mediante el grupo i . La señal de enlace descendente recibida \mathbf{y}^m en el terminal móvil m en el entorno celular puede equivaler a

$$\mathbf{y}^m = \underbrace{\mathbf{H}_i^m \mathbf{b}_{i,u}}_{\mathbf{h}_{i,u}} x_{i,u} + \underbrace{\sum_{j=1, j \neq u}^{\alpha N_T} \mathbf{H}_i^m \mathbf{b}_{i,j} x_{i,j}}_{\zeta_{i,u}} + \underbrace{\sum_{\forall l, l \neq i} \sum_{j=1}^{N_T} \mathbf{H}_l^m \mathbf{b}_{l,j} x_{l,j}}_{\mathbf{z}_{i,u}} + \mathbf{n} \tag{2}$$

50 El flujo de datos deseado $x_{i,u}$ transmitido en el u -ésimo haz desde el i -ésimo grupo se distorsiona por la interferencia intra-grupo e inter-grupo agregada en $\zeta_{i,u}$ y $\mathbf{z}_{i,u}$, respectivamente. \mathbf{H}_i^m abarca la matriz de canal $N_R \times \alpha N_T$ para el usuario m formado mediante el grupo i . Por lo tanto, $\zeta_{i,u}$ indica una interferencia generada en el área de cooperación.

55 Los αN_T haces en el conjunto de haces \mathbf{C}_i pueden estar activos simultáneamente, en el que se supone que una potencia disponible p_i está distribuida uniformemente a través de los αN_T haces.

Por lo tanto, se aplica lo siguiente:

$$E\{|x_{i,j}|^2\} = \frac{p_i}{\alpha N_T}$$

y

5

$$p_i = \sum_{j=1}^{\alpha N_T} E\{|x_{i,j}|^2\} = \alpha p_s,$$

siendo p_s una potencia de transmisión por sector.

10 Un conjunto elegido de pre-codificadores puede mantenerse fijo, por ejemplo, a

$$\mathbf{C}_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ i & -i \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C}_i = \text{diag} \underbrace{[\mathbf{C}_1, \dots, \mathbf{C}_1]}_{\alpha\text{-VECES}} \quad (3),$$

donde \mathbf{C}_1 se define para $N_T=2$ antenas de transmisión (antenas de Tx) por sector.

15

Un grupo de antenas de BS puede agruparse para pre-procesamiento de señal conjunto y una transmisión coherente de señales de datos y puede definirse un área de cooperación (CA). El CA puede gestionar la interferencia utilizando procesamiento de señal conjunto anterior a la transmisión a través del canal inalámbrico. Las señales de datos que provienen desde fuera de este CA se tratarán como interferencia inter-grupo, donde la estructura espacial puede medirse, por ejemplo, mediante estimación de la matriz de co-varianza de interferencia. Los CA pueden seleccionarse céntricas en red o céntricas en usuario. La elección céntrica en usuario puede determinarse, por ejemplo, midiendo canales de banda ancha a BS cercanas e informando un conjunto de antenas de BS más intensas a la BS servidora de los MT. La BS servidora puede inicializar la configuración de un nuevo CA o asignar este MT particular en un grupo de usuarios servido dentro de un CA predefinido. El solapamiento de CA que incluye diferentes combinaciones de antena de BS puede separarse, por ejemplo, en un dominio de frecuencia por medio de partición de recursos.

20

25

Para cooperación de enlace descendente entre un conjunto seleccionado de α sectores de BS cooperativos, puede modificarse un pre-codificador colaborativo \mathbf{C}^{CA_i} a cualquier tipo de formación de haces como se muestra en la Figura 2.

30

Cada BS colaborativa en el CA determina de una manera distribuida todo el pre-codificador \mathbf{C}^{CA_i} en la realimentación de usuario dada utilizando las partes respectivas correspondientes $\mathbf{C}_1^{CA_i}$ y $\mathbf{C}_2^{CA_i}$ para transmisión conjunta coherente.

35

La Figura 2 muestra una pre-codificación para transmisión conjunta coherente que se determina de una forma distribuida mediante dos estaciones base, en el que las partes correspondientes de las mismas se proporcionan mediante cada una de las BS.

40 **Pre-selección de realimentación asistida por MT**

Para transmisión adaptativa de canal a un MT o a varios MT, cada MT puede proporcionar CSI limitada o completa a las BS. Con una cantidad limitada de recursos de enlace ascendente, especialmente debido al suministro de alimentación limitado en los MT, la tara de realimentación de CSI puede reducirse ventajosamente ahorrando recursos de enlace ascendente valiosos. Por lo tanto, se sugiere un pre-procesamiento de canal asistido por MT.

45

Transmitir un único flujo a cada uno de los múltiples MT en la celda asigna una porción significativa de la capacidad del sistema. Por lo tanto, puede utilizarse ventajosamente un modo de transmisión de MIMO multi-usuario (MU-MIMO).

50

Para $N_R > 1$ puede utilizarse un grado de libertad espacial en el lado del receptor de los MT para el fin de combinación de rechazo de interferencia (IRC) de acuerdo con

$$\text{SINR}_u = p_i \frac{\mathbf{w}_u^H \bar{\mathbf{h}}_{i,u} \bar{\mathbf{h}}_{i,u}^H \mathbf{w}_u}{\mathbf{w}_u^H \mathbf{Z}_u \mathbf{w}_u}, \quad (4)$$

donde \mathbf{Z}_u es una matriz de covarianza de señales de interferencia agregadas en $\zeta_{i,u}$ y $\mathbf{z}_{i,u}$, es decir

$$\mathbf{Z}_u = \mathbb{E} \left[(\zeta_{i,u} + \mathbf{z}_{i,u}) (\zeta_{i,u} + \mathbf{z}_{i,u})^H \right],$$

5 siendo $\mathbb{E}[\cdot]$ un operador de esperanza.

Un receptor de MMSE de conocimiento de interferencia se proporciona de acuerdo con

$$\mathbf{w}_u^{\text{MMSE}} = \frac{p_i \mathbf{R}_{yy}^{-1} \bar{\mathbf{h}}_{i,u}}{Q_i}, \quad (5)$$

10 en el que \mathbf{R}_{yy} indica la matriz de covarianza de la señal recibida \mathbf{y}^m , es decir

$$\mathbf{R}_{yy} = \mathbb{E} \left[\mathbf{y}^m (\mathbf{y}^m)^H \right] = \mathbf{Z}_u + \bar{\mathbf{h}}_{i,u} \bar{\mathbf{h}}_{i,u}^H \quad (6)$$

15 Se observa que el receptor de MMSE puede tener conocimiento de la interferencia teniendo un conocimiento completo, es decir estructura espacial, o un conocimiento parcial, es decir puede considerarse una potencia en la interferencia inter-grupo.

El receptor de MMSE puede producir una SINR posterior a la equalización como sigue:

$$20 \quad \text{SINR}_u^{\text{MMSE}} = \frac{p_i \bar{\mathbf{h}}_{i,u}^H \mathbf{Z}_u^{-1} \bar{\mathbf{h}}_{i,u}}{Q_i} \quad (7).$$

25 Todos los esquemas propuestos tienen en común que cada MT puede elegir su estrategia de recepción deseada independientemente de cualquier otro MT de acuerdo con sus capacidades computacionales y conocimiento sobre la información del estado del canal en el receptor (CSIR) que incluye la interferencia. Las suposiciones acordadas entre los MT y el CA pueden basarse en el hecho de que se aplica un pre-codificador de interferencia intra-grupo mínima. El rendimiento de diferentes receptores lineales para obtener un canal eficaz puede ser diferente después de la precodificación de forzado a cero (ZF) en las BS.

30 Con respecto a un ejemplo que proporciona $N_R = 2$ antenas de recepción (antenas de RX) por MT, el principio puede ilustrarse como sigue: cada MT pre-calcula un canal de múltiple entrada única salida (MISO) eficaz e informa este a la BS servidora en el área de cooperación. Al recibir tal realimentación desde varios usuarios en el área de cooperación, la BS puede usar diferentes métodos para ortogonalización de usuario, por ejemplo, pre-codificación lineal como ZF, MMSE o diagonalización de bloques (BD) o pre-codificación de Tomlinson-Harashima (THP) no lineal.

Realimentación en canal MISO verdadero

40 Para sistemas de referencia, el MT tiene únicamente una sola antena de Rx y por lo tanto informa el canal de MISO verdadero a la BS de acuerdo con:

$$\mathbf{h}^{MT_1} = \underbrace{[\bar{\mathbf{h}}_{BS_1} \ \bar{\mathbf{h}}_{BS_2}]}_{\bar{\mathbf{h}}_i} \quad (8)$$

45 Donde $\bar{\mathbf{h}}_{BS_1} = \mathbf{H}_{BS_1} \mathbf{b}_{BS_1,j}$ es un vector que comprende j coeficientes de canal eficaces con valor complejo entre antenas de Tx desde una primera estación base BS_1 y la única antena de Rx del primer terminal móvil MT_1 .

De acuerdo con este concepto, el canal de MISO \mathbf{h}^{MT_m} recibido en el m -ésimo MT puede realimentarse a la estación base además de un valor de SINR.

50 El MT puede no tener ninguna posibilidad para compensar la interferencia inter-grupo, que limita la SINR. Para la SINR conseguible, el CA puede proporcionar el flujo de datos a un MT_m particular, mientras todos los otros flujos de datos usados para MT residuales se ortogonalizan mediante el uso del pre-codificador de ZF. Por lo tanto, los MT en el grupo no experimentan ninguna interferencia intra-grupo.

$$\text{SINR}^{MT_m} = \frac{\beta^{MT_m}}{\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^{N_T} |\mathbf{H}_l \mathbf{b}_{l,j}|^2 + \sigma_N^2} \quad (9)$$

donde

β^{MT_m} es un factor de escalado de potencia de transmisión aplicado en el flujo de datos enviado al m-ésimo MT;

σ_N^2 es una potencia de ruido recibida en la única antena de Rx.

Se observa que si no se aplica límite de potencia de transmisión, β^{MT_1} equivale a 1. Toda la pérdida de trayectoria se pre-compensa en el transmisor, que da como resultado potencia de señal de unidad en la antena de recepción.

Realimentar en formador de haces deseado

Pre-codificación no cooperativa basada en DFT

Se observa también que los sectores pueden operar independientemente entre sí mientras se tiene en cuenta la interferencia inter-celda en el MT de múltiples antenas.

Cada BS puede proporcionar una matriz fija \mathbf{C} que comprende haces de DFT unitarios. Suponiendo que la interferencia inter-celda se conoce por completo en cada MT, los MT evalúan la velocidad conseguible por haz y transportan esta información a su BS servidora. En la BS, se recopila la realimentación desde diferentes MT, y los haces de DFT desde la matriz \mathbf{C} se asignan individualmente al MT.

Los MT se supone que proporcionan su índice de matriz preferida (PMI) y la correspondiente SINR.

Es una ventaja que con el conjunto de haces fijo \mathbf{C} usado para las BS, una interferencia co-canal (CCI) por valor de

$$\zeta_{i,u} + \mathbf{z}_{i,u}$$

se hace predecible, posibilitando una planificación sensible a interferencia en un sistema celular. En combinación con políticas de planificación sensibles a interferencia equitativas, los usuarios pueden beneficiarse de eficacias espectrales casi duplicadas en el sistema de MIMO 2×2 en comparación con la configuración de SISO.

Canal de MISO eficaz después de ecualización

A continuación, los MT considerados se equipan con múltiples antenas de Rx para el fin de IRC. Las BS se supone que proporcionan N_T flujos de datos a N_T MT.

En este caso, los MT pueden usar filtros de recepción lineales para transformar el canal de MIMO en un canal de MISO eficaz, de acuerdo con la Figura 3.

El MT puede proporcionar realimentación con respecto a una SINR conseguible y al canal de MISO eficaz \mathbf{h}^{MT_m} .

Adicionalmente, si se supone pre-codificación de ZF verdadera en los BS, la realimentación puede dividirse en amplitud y fase en lugar de muestras I y Q para describir el canal. Por lo tanto, la amplitud puede ser de menos importancia y puede reducirse a una pérdida de trayectoria media. Por otro lado, la información de fase es útil para permitir una pre-codificación de ZF adecuada.

Pre-codificación basada en DFT y receptor de MMSE

La pre-codificación basada en DFT puede mantenerse, pero el canal de MISO eficaz puede realimentarse a la BS, que puede determinarse detrás de un ecualizador lineal en cada MT. Por lo tanto, cada MT puede calcular un vector de recepción espacial para el mejor flujo de transmisión e informar el producto del filtro de recepción de acuerdo con la ecuación (5) y la matriz de canal agregada desde el grupo:

$$\mathbf{h}^{MT_m} = [\mathbf{w}_u^{\text{MMSE}}]^H [\mathbf{H}_i \mathbf{C}_i] \quad (10)$$

Un filtro de recepción lineal $\mathbf{w}_u^{\text{MMSE}}$ puede determinarse suponiendo pre-codificación basada en DFT para señales

intra-grupo e inter-grupo. Un pre-codificador de ZF entre las antenas de Tx colaborativas puede eliminar la interferencia intra-grupo, mientras mantiene la interferencia inter-grupo en un nivel bajo.

5 Este enfoque puede beneficiarse de una pre-selección de recursos adecuados. Además, las ganancias a partir de IRC se mantienen en el sistema. Además, no se requiere que el MT tenga alta potencia computacional, por ejemplo, para hacer una descomposición de valor singular (SVD) en el canal colaborativo medido \mathbf{H}_i .

Pre-codificador de modo propio dominante y receptor de MRC

10 Con un conjunto fijo \mathcal{M} de usuarios, que pueden servirse en un bloque de recursos (RB), cada usuario m descompone su matriz de canal $N_R \times \alpha N_T$ \mathbf{H}_i^m de acuerdo con la SVD, produciendo

$$\mathbf{H}_i^m = \mathbf{U}_i \Sigma_i \mathbf{V}_i^H .$$

15 Cada MT puede solicitar únicamente un único flujo de datos, es decir para un servicio de MU-MIMO único. Por lo tanto, puede seleccionarse un modo propio dominante, es decir el vector propio que corresponde al valor propio más alto. El canal eficaz después de la ecualización de combinación de relación máxima (MRC) que usa el vector propio restante dominante se proporciona mediante

20
$$\mathbf{h}^{MTm} = \mathbf{u}_{i,1}^H \mathbf{U}_i \Sigma_i \mathbf{V}_i^H = \Sigma_{i,1} \mathbf{v}_{i,1}^H \quad (11) .$$

Este esquema maximiza ventajosamente la potencia de señal transferida desde las BS colaborativas al MT. Los MT pueden agruparse preferentemente de manera que sus modos propios muestran una alta ortogonalidad, en particular la ortogonalidad más alta posible. Esto permite una reducción de potencia eficaz.

Pre-codificación de modo propio dominante y receptor de MMSE

25 Esta solución combina los dos conceptos anteriores, es decir, el pre-codificador de modo propio dominante con una ecualización de MMSE en el MT. Por lo tanto, se supone que se proporciona un informe basándose en el canal de MISO eficaz \mathbf{h}^{MTm} detrás del filtro de recepción lineal mediante el MT como sigue:

30
$$\mathbf{h}^{MTm} = [\mathbf{w}_u^{\text{MMSE}}]^H [\mathbf{H}_i] \quad (12) .$$

El filtro de recepción lineal se determina basándose en una suposición de pre-codificación de modo propio para el flujo de datos especializado y pre-codificación basada en DFT para señales inter-grupo.

Otros flujos de datos dentro del grupo de cooperación se supone que se transmiten ortogonales en espacio.

40
$$\mathbf{w}_u^{\text{MMSE}} = \frac{p_i}{Q_i} \mathbf{R}_{yy}^{-1} \underbrace{\mathbf{H}_i \mathbf{v}_{i,1}}_{\mathbf{h}_{i,u}} \quad (13) .$$

La suposición de canal espacial inicial se concentra en interferencia exterior como la contribución de interferencia limitante, mientras el canal de MISO eficaz dentro del área de cooperación se elige de manera que se maximiza la señal deseada desde el conjunto de las BS al MT.

45 La SINR final puede pre-calcularse por lo tanto completamente en la BS, puesto que la SINR inicial informada desde el MT bajo pre-codificación ideal usando la formación de haz propio dominante (DEBF) se alterará mediante la normalización de potencia por flujo de transmisión únicamente.

Problemas de implementación: estimación de canal eficaz

50 La transmisión de celda única puede basarse en matrices de pre-codificación fijas $\mathbf{C}_i = \mathbf{C}_i^{\text{opt}}$, donde i identifica la estación base.

55 Para posibilitar IRC en el MT, puede estimarse el canal de múltiples celdas verdadero \mathbf{H}_i desde (todas) las BS a un terminal m dado. Las matrices de pre-codificación pueden no cambiar con frecuencia para mantener la interferencia de múltiples celdas predecible. Por lo tanto, se requiere una primera estimación de canal basándose en símbolos de piloto de múltiples celdas en esta etapa para determinar $\mathbf{H}_i \mathbf{C}_i$.

Para estimar el canal de MISO eficaz en la salida de cada filtro de recepción lineal, puede determinarse \mathbf{h}^{MTm} como

se ha expuesto anteriormente. También, los símbolos de piloto pueden procesarse como datos mediante el filtro de recepción. Por lo tanto el canal de MISO eficaz puede estimarse directamente en una señal de referencia común de este tipo.

5 **Cálculo de pre-codificador cooperativo y distribuido**

Como se ha analizado anteriormente en particular, informar un canal de MISO virtual es una ventaja y puede ortogonalizarse mediante las BS colaborativas como un único receptor de antena. Una vez que los MT se agrupan y se asignan a un CA, el pre-codificador y su normalización de potencia se determinan mediante el algoritmo usado, que puede ser preferentemente el mismo en todas las unidades de procesamiento distribuidas. Puede ser una ventaja en caso de que se utilice el mismo software y/o hardware en todas las unidades de procesamiento de un CA.

Cálculo de peso de pre-codificador conjunto

15 Cada MT en el conjunto activo de usuarios en un único flujo de datos puede servirse mientras que las antenas de Rx se usan para fines de IRC.

Un número de máximo de αN_T canales de MISO experimentados desde diferentes MT están compuestos para formar un canal de MIMO virtual compuesto de un tamaño de $N_T \times N_T$. Una matriz de canal compuesto puede ortogonalizarse mediante cualquier técnica de pre-codificación lineal o no lineal, si se asegura clasificación total. Este puede ser el caso en un canal multi-punto a multi-punto. El enfoque propuesto permite beneficiarse de dos ventajas principales: en primer lugar, las múltiples antenas de recepción se usan eficazmente para supresión de interferencia externa en el lado del MT. En segundo lugar, reduciendo el número de flujos de datos por MT, los grados de libertad en agrupación multi-usuario puede utilizarse de manera que el número de flujos de datos activos es menor o igual al número de antenas de transmisión activas.

Identificadores únicos para procesamiento distribuido

Después de que la BS ha recibido la CSI multi-difundida desde las otras BS del CA, se realiza una comprobación cruzada de todos los contenidos, en particular con respecto al origen (identificador de MT y BS) y una indicación de tiempo (número de trama y opcionalmente número de sub-trama). A continuación, todos los datos de CSI válidos pueden cargarse en un orden predeterminado, asegurando que las matrices de canal compuesto que se ponen juntas en diferentes BS son idénticas en cada entrada. Esto puede asegurarse por sub-portadora o por RB físico en sistemas de OFDM donde se aplica la colaboración de transmisión.

El orden predeterminado puede conseguirse numerando todas las antenas de Tx de BS activas en el CA mientras mantienen el identificador de MT correspondiente. Esta numeración de antena se conoce ventajosamente por todos los MT.

40 En caso de que la matriz de canal compuesto esté disponible y sea válida, todas las unidades de procesamiento pueden usar los mismos algoritmos determinísticos para determinar el pre-codificador conjunto \mathbf{C}^{CAi} .

Protocolos de CA para transmisión conjunta estable

45 Como una toma de contacto final antes de calcular la matriz de pre-codificación conjunta \mathbf{C}^{CAi} , las (en particular todas) BS distribuyen mediante multi-difusión un mensaje de CSI correctamente recibido a las (en particular a todas) BS del CA.

50 Si una BS tiene datos incompletos, por ejemplo, debido a pérdida de paquetes, otras BS en el CA pueden proporcionar los pesos de pre-codificador perdidos y el cálculo de la SINR detectada posteriormente. Esto asegura que el pre-procesamiento espacial conjunto puede realizarse aún satisfactoriamente.

Se observa que pueden utilizarse varios protocolos, por ejemplo, enfoques de maestro-esclavo o de controlador central, pero pueden causar tráfico adicional y latencia en la interfaz de X2 para el pre-codificador y el intercambio de nivel de esquema de modulación y codificación (MCS). Esto permite uniformidad de datos en todos los puntos distribuidos, que es un problema importante cada vez que se considera un enfoque distribuido.

Satisfacer la restricción de potencia de transmisión

60 La razón fundamental de las restricciones de potencia de transmisión estrictas por antena de transmisión y por sitio está basada en

- operar el amplificador de potencia en las BS a un punto de operación óptimo con respecto a una alta Relación de Potencia a Pico Media de la señal de dominio de tiempo de OFDM y

- mantener la densidad espectral de potencia emitida plana, que es favorable para mediciones de canal de banda ancha fiables y para interferencia espectralmente equilibrada a otras celdas

5 Para satisfacer los requisitos de una potencia de transmisión máxima fija por antena de Tx, la matriz del pre-codificador se normaliza a nivel de columnas de manera que la potencia transmitida media por flujo de datos sea (sustancialmente) constante. Sobre la media y considerando ligeramente diferentes fases y amplitudes a través de todo el intervalo de frecuencia del símbolo de OFDM, puede alcanzarse también una potencia de transmisión bastante constante por antena de Tx. Puesto que la normalización para todos los elementos de una y la misma columna del pre-codificador es la misma, las SNR resultantes detectadas posteriormente por flujo de datos pueden normalizarse de manera diferente.

10 **Seleccionar la fila de matriz correcta para pre-codificación espacial local coordinada**

15 De acuerdo con el orden predeterminado de las antenas de BS, cada BS conoce qué fila de la matriz de pre-codificador conjunto finalmente calculada pertenece a sus propias antenas de transmisión. Esta fila particular se selecciona y almacena para procesamiento adicional junto con los datos de usuario que se esperan para que llegue a cada usuario mediante mensajería de multi-difusión en la interfaz X2.

20 La indicación de tiempo permite una sincronización de pre-codificador y contenido de datos, que es beneficioso para transmisión coherente satisfactoria de datos y gestión de interferencia activa en el CA.

25 **Determinación de SINR de detector posterior**

Además de la CSI por sub-portadora o por bloque de recursos (RB), cada MT informa la SINR de ecualización posterior eficaz. La SINR final puede determinarse o predecirse después de pre-codificación de ZF que aplica el filtro de recepción pre-elegido por MT.

30 Los factores de normalización β_{MTm} para la m-ésima columna del pre-codificador espacial y por lo tanto para el flujo de datos al m-ésimo MT pueden calcularse y multiplicarse con la SINR informada por MT.

35 El cálculo de la SINR de detección posterior final que considera la pre-codificación de transmisión conjunta y la SINR eficaz informada desde cada MT puede calcularse de nuevo de una forma distribuida mediante la BS servidora de cada MT. Esta BS se encarga de la continuación actual y futura de protocolos de capa superior, tales como HARQ. Después de haber decidido la SINR detectada posteriormente eficaz final que se espera en el MT para el flujo asignado, un nivel de MCS, una perforación y un tamaño de PDU pueden elegirse de manera que cada capa espacial se utiliza para fines de transmisión de datos.

40 Se observa que la perforación es un método que permite reducir un código de corrección de errores en recepción para una primera transmisión. En caso de que la primera transmisión sea satisfactoria, la porción de tara basándose en tal código de corrección de errores en recepción puede reducirse aumentando de esta manera el ancho de banda a utilizarse para datos de usuario. En caso de que la primera transmisión con tal cantidad reducida de código de corrección de errores en recepción no sea satisfactoria, se transporta información de redundancia adicional en una segunda transmisión. Tal acortamiento de la información de redundancia (en este punto: el código de corrección de errores en recepción) en la primera transmisión se denomina como "perforación". Todo el método puede denominarse como ARQ híbrida.

45 El nivel de MCS elegido para cada capa espacial se etiqueta en un flujo de datos codificado asociado y se multi-difunde de nuevo a cada BS que pertenece al conjunto activo de antenas en el CA, que realizará mapeo en formatos de modulación superiores localmente y el mapeo a la cola de entrada de pre-codificador espacial correcta.

50 Los MT pueden informarse en paralelo acerca de los recursos asignados y los niveles de MCS. Puesto que el anuncio de asignación de recursos se encarga de la BS servidora para cada MT, esto puede hacerse en un modo de transmisión cooperativo o en un modo no cooperativo por BS.

55 **Forzado a cero (ZF)**

Habiendo establecido los CA y habiendo encontrado un grupo de usuarios adecuado, el canal de MIMO conjunto entre las antenas de la BS y el MT puede tratarse como un canal de MIMO de punto a multi-punto convencional.

60 Por lo tanto, se realiza la separación de señal espacial en las antenas de la BS basándose en la CSI conocida. Aprovechando este canal, puede reducirse la interferencia de pre-codificación espacial adaptativa dentro del CA y - en un escenario de mejor caso - puede conseguirse una transmisión libre de interferencia intra-grupo.

Puesto que el procesamiento de señal colaborativo a través de la red es más que probable que no sea factible (en

caso de una red enorme), puede ser una solución centrarse en un tamaño para que el CA comprenda de 3 a 4 sectores de BS. La interferencia inter-grupo residual puede limitar el rendimiento del CA. Por lo tanto, puede centrarse en una maximización de SINR conjunta que incluye la estructura espacial de la interferencia inter-grupo.

- 5 Para mitigar la interferencia intra-grupo puede considerarse la pre-codificación de ZF espacial, que se adapta al canal conjunto \mathbf{H} eligiendo el pre-codificador de acuerdo con la pseudo-inversa de Moor-Penrose del canal.

$$\mathbf{C}^{CA_i} = \mathbf{H}_i^\dagger = \mathbf{H}_i^H (\mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^H)^{-1}.$$

- 10 Esto elimina la interferencia inter-grupo.

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}_i \mathbf{C}^{CA_i} \mathbf{x} + \mathbf{n} = \mathbf{H}_i \mathbf{H}_i^\dagger \mathbf{x} + \mathbf{n} = \mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (14),$$

que es equivalente a transmisión de AWGN paralela de flujos de datos a diferentes MT.

15 **Diagonalización de bloques (BD)**

Para obtener el vector de pre-codificación para el m-ésimo usuario, cada BS en el CA agrega los canales de MISO de interferencia

20 \mathbf{h}^{MT_n} CON $n \in \{1, \dots, (m-1), (m+1), \dots, \alpha N_T\}$,

de acuerdo con el enfoque de BD. Esto da como resultado una matriz de una dimensión $(\alpha N_T - 1) \times \alpha N_T$

$$\tilde{\mathbf{h}}^{MT_m} = [(\mathbf{h}^{MT_1})^H \dots (\mathbf{h}^{MT_{m-1}})^H (\mathbf{h}^{MT_{m+1}})^H \dots (\mathbf{h}^{MT_{\alpha N_T}})^H]^H \quad (15).$$

- 25 Realizar la descomposición de valor singular (SVD) de $\tilde{\mathbf{h}}^{MT_m}$ da como resultado

$$\tilde{\mathbf{h}}^{MT_m} = \tilde{\mathbf{U}}_m \begin{bmatrix} \tilde{\Sigma}_m & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{V}}_m^1 & \tilde{\mathbf{v}}_m^0 \end{bmatrix}^H \quad (16),$$

- 30 donde $\tilde{\mathbf{v}}_m^0$ corresponde al vector propio asociado con el espacio nulo de $\tilde{\mathbf{h}}^{MT_m}$.

Se observa que el espacio nulo puede representarse mediante una matriz de una dimensión $\lambda \times \alpha N_T$. En caso de que cada usuario se sirva en su modo propio dominante únicamente, es decir $\lambda = 1$, $\tilde{\mathbf{v}}_m^0$ es de dimensión $1 \times \alpha N_T$ y por lo tanto un vector.

35 **Lista de abreviaturas:**

3G-LTE	Evolución a Largo Plazo de 3G
3GPP	proyecto común de tecnologías inalámbricas de la 3ª generación
40 ACK	acuse de recibo
ARQ	petición automática de repetición
AWGN	ruido gaussiano blanco aditivo
BC	canal de difusión
BD	diagonalización de bloques
45 VER	tasa de errores de bits
BS	estación base
CA	área de colaboración
CCI	interferencia co-canal
CDMA	acceso múltiple por división de código
50 CoMP	transmisión multipunto cooperativa
CSI	información del estado del canal
CSIR	información del estado del canal en el receptor
DEBF	formación de haz propio dominante
DFT	transformada de Fourier discreta
55 FDD	dúplex por división de frecuencia
FDMA	acceso múltiple por división de frecuencia
FEC	corrección de errores en recepción
FSK	modulación por desplazamiento de frecuencia
HARQ	petición automática de repetición híbrida

	IR	redundancia incremental
	IRC	combinación de rechazo de interferencia
	JT	transmisión conjunta
	MAC	capa MAC, capa de control de acceso al medio
5	MCS	esquema de modulación y codificación
	MIMO	múltiple entrada múltiple salida
	MISO	múltiple entrada única salida
	MMSE	mínimo error cuadrático medio
	MRC	combinación de relación máxima
10	MS	multi-flujo
	MSE	error cuadrático medio
	MSHARQ	HARQ de MIMO único
	MT	terminal móvil
	MU-MIMO	MIMO multi-usuario
15	MU-MUX	multiplexación espacial multi-usuario
	MU-SDMA	acceso múltiple por división del espacio multi-usuario
	NACK	no acuse de recibo
	OFDM	multiplexación ortogonal por división de frecuencia
	OFDMA	acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal
20	PDF	función de densidad de probabilidad
	PDU	unidad de datos de protocolo
	PHY	capa PHY, capa física
	PMI	índice de matriz preferida
	QAM	modulación de amplitud en cuadratura
25	RB	bloque de recursos
	Rx	receptor
	SDIV	diversidad espacial
	SDMA	acceso múltiple por división del espacio
	SIMO	única entrada múltiple salida
30	SINR	relación de señal a interferencia y ruido
	SIR	relación de señal a interferencia
	SISO	única entrada única salida
	SMUX	multiplexación espacial
	SNR	relación de señal a ruido
35	SU-MIMO	MIMO de único usuario
	SU-MUX	multiplexación espacial de único usuario
	SVD	descomposición de valor singular
	TDD	dúplex por división en el tiempo
	TDMA	acceso múltiple por división en el tiempo
40	THP	pre-codificación de Tomlinson-Harashima
	Tx	transmisor
	UE	equipo de usuario
	UMTS	sistema universal de telecomunicaciones móviles
	WiMAX	interoperabilidad mundial para acceso por microondas
45	ZF	forzado a cero

REIVINDICACIONES

1. Un método para procesamiento de datos en un terminal móvil (201; 202) de una red de comunicación que comprende múltiples estaciones base (101, 102, 103),
 - en el que el terminal móvil recibe varias señales de entrada desde al menos una estación base,
 - en el que el terminal móvil procesa dichas varias señales de entrada en una información de realimentación que se transporta a al menos una estación base (BS₁; BS₂),
 - en el que el terminal móvil comprende varias antenas (203, 204; 205, 206) y un filtro de recepción (w_1 ; w_2),
 - en el que el terminal móvil selecciona una estrategia de recepción independientemente de cualquier otro terminal móvil de la red de comunicación; y
 - en el que el método está **caracterizado por que** el terminal móvil proporciona la información de realimentación mediante un procesamiento de canal de múltiple entrada única salida según el cual un canal de múltiple entrada múltiple salida recibido mediante las varias antenas (203, 204; 205, 206) se combina en un canal de múltiple entrada única salida eficaz, en el que dicho canal de múltiple entrada única salida tal como aparece detrás del filtro de recepción (w_1 ; w_2) se transporta como la información de realimentación a la al menos una estación base.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el terminal móvil utiliza al menos una antena para fines de supresión de interferencia.
3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la información de realimentación se transporta a la estación base servidora del terminal móvil.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la información de realimentación comprende también:
 - una pre-codificación virtual realizada mediante el terminal móvil.
5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la información de realimentación comprende un primer tipo de información de realimentación con una primera cantidad de información y un segundo tipo de información de realimentación con una segunda cantidad de información inferior a la primera cantidad, en el que el segundo tipo de información de realimentación se transporta con más frecuencia que el primer tipo de información de realimentación.
6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el terminal móvil recibe, como las varias señales de entrada, desde la al menos una estación base señales de entrada que son ortogonales entre sí.
7. Un método para procesamiento de datos en una red de comunicación que comprende múltiples estaciones base (101, 102, 103), comprendiendo el método un método para procesamiento de datos en un terminal móvil (201; 202) de la red de comunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
 - en el que la al menos una estación base (BS₁; BS₂) distribuye la información de realimentación a al menos una estación base adicional y/o a una unidad central,
 - en el que la al menos una estación base (BS₁; BS₂) y la al menos una estación base adicional y/o la unidad central que tienen conocimiento de la información de realimentación realizan un procesamiento conjunto, en particular un cálculo de pre-codificador.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la señal de entrada es una señal de referencia transportada mediante varias antenas (208, 209; 210, 211) de la al menos una estación base (BS₁; BS₂).
9. El método de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que la al menos una estación base realiza pre-codificación y/o formación de haces basándose en la información de realimentación obtenida mediante el terminal móvil.
10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la al menos una estación base transporta un primer tipo de señales de entrada con una primera cantidad de información y un segundo tipo de señales de entrada con una segunda cantidad de información inferior a la primera cantidad, en el que el transporte del segundo tipo de señales de entrada tiene lugar con más frecuencia que el transporte del primer tipo de señales de entrada.
11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que al menos dos estaciones base están organizadas como un área de colaboración proporcionando en particular una transmisión coherente.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que las estaciones base de un área de colaboración proporcionan procesamiento distribuido.

13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que la al menos una estación base transporta las señales de entrada de manera que las señales de entrada son ortogonales entre sí.
- 5 14. Un dispositivo que comprende un dispositivo lógico, estando dispuesto el dispositivo lógico de manera que el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 es ejecutable en el mismo.

Fig.1

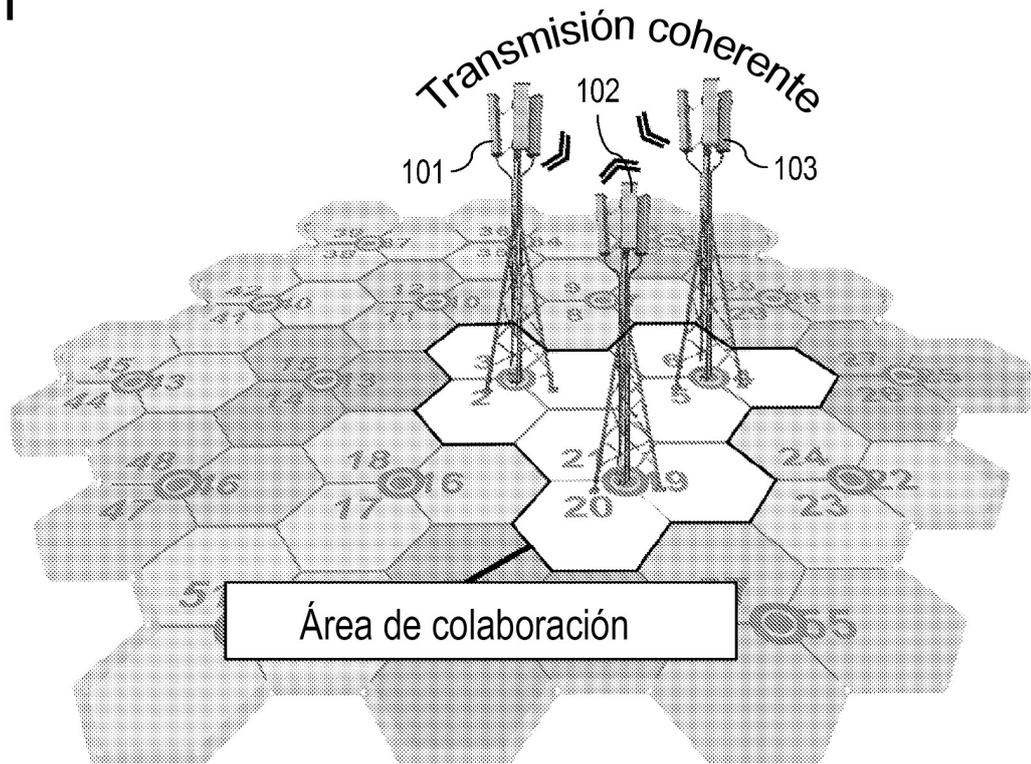


Fig.2

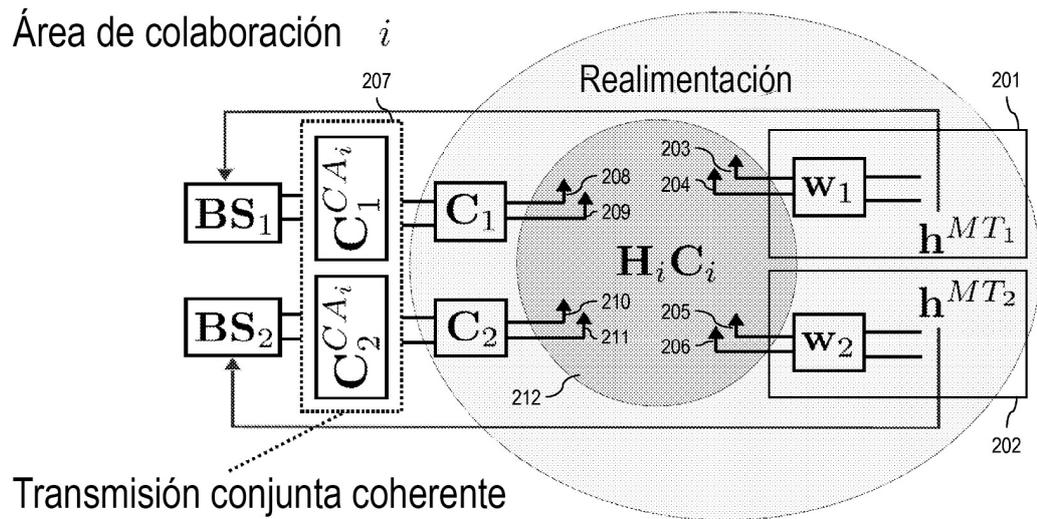


Fig.3

