

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 475**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04B 7/04 (2007.01)

H04L 25/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2014** **PCT/EP2014/077138**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2015** **WO15197142**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2014** **E 14809414 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** **EP 3146664**

54 Título: **Método y nodo en una red de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

24.06.2014 WO PCT/EP2014/063286

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

03.06.2020

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO. LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN

72 Inventor/es:

NASIRI KHORMUJI, MAJID

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 764 475 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y nodo en una red de comunicación inalámbrica

Campo técnico

- 5 Las implementaciones que se describen en la presente memoria se refieren en general a un nodo de red y a un método en un nodo de red. En particular, en la presente memoria se describe un mecanismo para agrupar Equipos de Usuario (UE, por sus siglas en inglés) en diferentes grupos de UE.

Antecedentes

- 10 El número de elementos activos de antena en una matriz de antena se incrementa con el paso del tiempo tal y como puede apreciarse mediante versiones recientes del sistema de Evolución de Largo Plazo (LTE, por sus siglas en inglés), donde las versiones más nuevas soportan enlaces de Múltiple-Entrada Múltiple-Salida (MIMO, por sus siglas en inglés) con una cantidad creciente de antenas. Un incremento adicional en el número de elementos de antena, en particular en las estaciones de base, se concibe como una solución atractiva de capa física para mejorar la eficiencia espectral de futuros sistemas de comunicación tal como los sistemas de quinta generación (5G) y en respuesta al tráfico de datos cada vez mayor. Así, el término MIMO Masiva (mMIMO, por sus siglas en inglés) se usa para referirse a casos donde los receptores y/o los transmisores disfrutan de muchos elementos activos de antena, tal como, p. ej., 15 cientos de elementos de antena. Estos tipos de sistemas de antena de mMIMO son también conocidos como Sistemas de Antena de Gran Escala, MIMO Muy Grande, Híper MIMO, MIMO de Dimensión Completa, Estaciones de Base con Muchas Antenas y/o ARGOS.

- 20 Para habilitar Acceso Múltiple por División de Espacio (SDMA, por sus siglas en inglés) con mMIMO, la matriz de canal entre antenas de transmisión y antenas de recepción deberá ser conocida. La estimación de canal es una parte esencial debido a que permite separar las corrientes de datos asociadas a diferentes Equipos de Usuario (UEs, por sus siglas en inglés), servidos por la estación de base. De hecho, se puede ver la matriz/vectores de canal por ejemplo entre diferentes UEs y la estación de base como una signatura espacial generada por el entorno donde se necesita aprender ese tipo de conjunto aleatorio de signaturas espaciales. Al haber aprendido las denominadas signaturas 25 espaciales, se puede intentar a continuación realizar un filtraje espacial (p. ej., la proyección de las señales de banda de base recibidas en el espacio señal por medio de los vectores de canal estimados) en el receptor o una pre-codificación espacial (p. ej., la transmisión de las secuencias de datos en un subespacio elegido apropiadamente del espacio de señal abarcado por la matriz de canal estimada) en el transmisor para asegurar la transmisión y recepción simultáneas de múltiples UEs con una interferencia despreciable o nula ínter-usuario.
- 30 Para estimar el canal entre diferentes nodos en una red de comunicación inalámbrica, es decir entre UEs, estación de base/nodo de red, el nodo de acceso, la central de radio, los híper transmisores, etc., uno de ellos transmite en general secuencias piloto conocidas tanto por el transmisor como por el receptor. Estas secuencias piloto conocidas se conocen también como señales/símbolos de referencia o como señales/símbolos de piloto. Estas expresiones pueden ser a veces utilizadas de forma alternativa para indicar la misma cosa que las secuencias piloto. Usando estas 35 secuencias piloto, el canal de radio desconocido entre nodos de transmisión y recepción puede ser estimado. El envío de las secuencias piloto conduce en general a una pérdida de eficiencia espectral debido a que requiere que se usen recursos de tiempo-frecuencia adicionales. El número y la densidad de las secuencias piloto, depende respectivamente del número de antenas y de las características de tiempo-frecuencia del canal.

- 40 Para aprender el canal (p. ej., el número complejo equivalente que afecta a las señales transmitidas para canales de radio de banda estrecha), se necesita al menos una ecuación lineal por número de desconocidos para hallar una estimación significativa del canal en general y en particular cuando la separación entre antenas está configurada de tal modo que da como resultado una matriz de canales de rango completo. Así, para aprender por ejemplo un canal de enlace descendente desde una estación de base con n_t antenas para K usuarios, cada uno de ellos con n_r antenas, se necesita al menos n_t señales piloto; es decir, un piloto por cada antena, o alternativamente se requieren n_t 45 secuencias ortogonales de longitud n_t (o que abarquen un subespacio con dimensión n_t). Para transmisión de enlace ascendente, sin embargo, el número requerido de secuencias piloto cambia a Kn_r . Se puede apreciar que el número de secuencias piloto se incrementa linealmente con el número de antenas y por lo tanto no se escala favorablemente para matrices de antenas masivas.

- 50 Una solución a este inconveniente consiste en usar reciprocidad de canal. Es decir, cuando ocurren las transmisiones de enlace ascendente y de enlace descendente a través de la misma banda de frecuencia, se mantiene el mismo canal de enlace ascendente y de enlace descendente en un instante de tiempo dado. De ese modo, la operación Dúplex de División de Tiempo (TDD, por sus siglas en inglés) permite usar el número de secuencias piloto conforme a:

$$\min \{Kn_r, n_t\} \quad (1)$$

- 55 En la práctica, el número típico de antenas en un Equipo de Usuario (UE), tal como p. ej., un teléfono móvil, una tableta

de ordenador, un ordenador portátil con capacidad inalámbrica o un dispositivo portable similar, se mantiene bajo para permitir un tamaño más pequeño, un procesamiento más simple para una vida útil de batería más larga y un UE más barato. Sin embargo, la estación de base puede proporcionar un número más grande de antenas, donde $n_r \ll n_t$. Así, por ejemplo para un escenario con MIMO masiva en la estación de base y k UEs cada uno de ellos con una única antena, el número de secuencias piloto requeridas a efectos de aprender al canal de enlace ascendente y de enlace descendente en modo de TDD es igual al número de UEs. Para MIMO masiva, se espera tener $K \ll n_t$, lo que da como resultado una sobrecarga asequible asociada a las secuencias piloto.

La densidad de las secuencias piloto depende de la característica del canal de radio. Las características del canal de radio cambian con el tiempo y la frecuencia. Sin embargo, las variaciones en el tiempo dependen de la movilidad de los UEs. Cuanto más rápido se muevan los UEs, más rápido cambia el canal en el tiempo debido a una frecuencia Doppler más grande. Se puede suponer un canal de radio sin cambio dentro del tiempo de coherencia T_c , el cual es una función de la frecuencia y la velocidad de la portadora de los UEs. Así, para aprender el canal entre antenas de transmisión y de recepción durante un tiempo de coherencia, se necesita al menos un símbolo piloto por tiempo de coherencia. De forma similar, el canal de radio varía de frecuencia. Sin embargo, los cambios de frecuencia se caracterizan generalmente por el ancho de banda de coherencia, B_c , el cual depende del perfil de retardo del canal y de la duración de símbolo.

En resumen, con el fin de aprender el canal de radio en la parrilla de tiempo-frecuencia en el modo de TDD para comunicación de mMIMO en una célula con k UES, cada uno de ellos con una sola antena, se requieren K secuencias piloto ortogonales, cada una de ellas asociada a un UE, durante una parrilla de tiempo-frecuencia de un tamaño de $T_c \times B_c$.

La Figura 1A representa una estructura de trama de transmisión convencional para comunicaciones Dúplex por División de Tiempo (TDD) donde cada trama consiste en múltiples subtramas. En la Figura 1A, existen L subtramas. Cada subtrama comprende datos de piloto, para estimación de canal, señales de control para transmisión de enlace ascendente y de enlace descendente y a continuación la transmisión de datos. Cada subtrama es una parrilla de Elementos de Recurso (Res, por sus siglas en inglés) a través del tiempo y de la frecuencia, donde cada elemento de recurso consume una duración de un símbolo y una subportadora. Los intervalos de guarda pueden ser situados entre transmisiones de enlace ascendente y de enlace descendente, así como también entre la región de piloto y la región de datos, las cuales han sido no obstante omitidas por motivos de simplicidad de la exposición.

El acceso múltiple no ortogonal es el paradigma para planificar concurrentemente múltiples UEs a través del mismo elemento de recurso de tiempo-frecuencia. Un enfoque atractivo para separar las corrientes de datos superpuestas de enlace ascendente puede ser el uso de un dominio espacial proporcionado por una pluralidad de antenas. A este fin, el receptor necesita estimar los canales desde cada UE y usar a continuación los canales estimados para realizar un filtraje espacial para eliminar la diafonía, es decir la interferencia, entre las corrientes superpuestas.

La Figura 1B ilustra la transmisión de enlace ascendente para k UEs a través de elementos de recurso de tiempo-frecuencia compartidos, donde dada trama tiene dos regiones: región de piloto y región de datos que también comprende los datos de control.

Para superar la contaminación de piloto, se requiere asegurar que las secuencias piloto transmitidas en la parrilla de tiempo-frecuencia dedicada a las transmisiones de piloto, sean ortogonales entre sí. Un ejemplo de transmisión ortogonal de piloto ha sido ilustrado en la Figura 1C. La solución convencional consiste en planificar múltiples UEs donde el número total de UEs en la célula sea menor que el número total de secuencias ortogonales. La Figura 1C representa un ejemplo para transmisión de piloto ortogonal obtenida mediante Multiplexado por División de Tiempo (TDM, por sus siglas en inglés) en la región de piloto, y para transmisión de datos no ortogonales a través de recursos compartidos de enlace ascendente. Se entiende que en la región de piloto se puede usar Multiplexado por División de Frecuencia (FDM, por sus siglas en inglés) o una combinación de FDM y TDM. Para transmisión de enlace ascendente, sin embargo, los UEs pueden emplear las secuencias piloto a través de la sub-banda completa, para la que se puede usar TDM o Multiplexado por División de Código (CDM, por sus siglas en inglés) sobre piloto, tal como los pilotos con código de cobertura usados en LTE.

Sin embargo, el número máximo de secuencias ortogonales que pueden ser colocadas en la parrilla de tiempo-frecuencia del piloto, es limitado. Esto pone, por consiguiente, un límite sobre el número de UEs programados con independencia del número de antenas. Así, la técnica anterior es incapaz de permitir la programación de UE más allá de la mitad del tiempo de coherencia y también conduce a interferencia intra-célula (para reutilización de secuencias piloto dentro de una célula) o inter-célula, para secuencias piloto reutilizadas a través de diferentes células.

Para comunicaciones de mMIMO de TDD cuando el número de antenas es muy grande, el factor limitativo para conseguir un alto rendimiento de la red, es el número limitado de secuencias piloto ortogonales. Para canales de radio con los símbolos de tiempo de coherencia T_c , para un elevado número de antenas, con el fin de optimizar el rendimiento agregado, es óptimo asignar la mitad del tiempo de coherencia para entrenamiento de canal, es decir para la transmisión de secuencias piloto o de referencia. Por lo tanto, la solución convencional está diseñada para programar hasta:

$$K = \left\lfloor \frac{T_c}{2} \right\rfloor \quad (2)$$

UEs dentro de cada intervalo de coherencia. Para sistemas multi-portadora:

$$K = \left\lfloor \frac{B_c T_c}{2} \right\rfloor,$$

donde B_c indica el ancho de banda de coherencia. En general, resulta deseable programar más usuarios; es decir, proporcionar servicio a tantos UEs como se incrementa con el tiempo el número de nodos que requieran conexión. Sin embargo, un número más alto de UEs activos conduce a una interferencia más alta entre los UEs y por lo tanto no está claro cómo podrá verse afectada la tasa agregada. En particular, para mMIMO, programar más UEs que lo indicado en la ecuación (2), conduce a una comunicación de piloto que provoca graves degradaciones en el rendimiento. Para ilustrar los fenómenos de contaminación de piloto: considérense dos UEs que tramiten el mismo símbolo de piloto seguido por secuencias de símbolo de datos a través de enlace ascendente compartido. Entonces el nodo de acceso recibe la señal:

$$\mathbf{y}_p = \mathbf{h}_1 x_p + \mathbf{h}_2 x_p + \mathbf{z}_p, \quad (3)$$

en donde $\mathbf{y}_p$ indica el vector de señal de ruido recibido de dimensiones $n_t \times 1$, x_p indica el símbolo de piloto transmitido desde ambos UEs (es decir, reutilización de piloto), $\mathbf{h}_i$ indica el vector de canal entre el UE i y la matriz de antena en el nodo de acceso, el cual tiene dimensiones de $n_t \times 1$, y $\mathbf{z}_p$ indica Ruido Medio Blanco Gaussiano (AWGN, por sus siglas en inglés) que tiene la dimensión $n \times 1$.

A continuación, usando estimación de canal de MMSE, el canal estimado será:

$$\hat{\mathbf{h}} = \mathbf{h}_1 + \mathbf{h}_2 + \mathbf{z}_e, \quad (4)$$

donde $\mathbf{z}_e$ indica error de estimación de canal.

Los datos superpuestos de ruido recibidos pueden ser entonces expresados como:

$$\mathbf{y}_d = \mathbf{h}_1 x_{d1} + \mathbf{h}_2 x_{d2} + \mathbf{z}_d, \quad (5)$$

donde $\mathbf{y}_d$ indica el vector de la señal de ruido recibido de dimensión $n_t \times 1$, x_{di} indica el símbolo de datos transmitido desde el UE i , $\mathbf{h}_i$ indica el vector de canal entre el UE i y el receptor, el cual tiene la dimensión $n_t \times 1$, y $\mathbf{z}_d$ indica AWGN, que tiene la dimensión $n_t \times 1$.

El nodo de acceso realiza a continuación un filtraje espacial para separar la corriente de datos para el primer UE. Para una matriz muy grande, es decir $n_t \gg 1$, el Filtraje Combinado (MF, por sus siglas en inglés), también conocido como Combinación de Relación Máxima (MRC, por sus siglas en inglés), es óptimo y se puede alcanzar la siguiente relación:

$$R = \log \left(1 + \frac{P_1}{P_2} \right), \quad (6)$$

donde se asume desvanecimiento de Rayleigh independiente e idénticamente distribuido (i.i.d.) con varianza unidad, y la potencia media de transmisión de cada usuario se establece en P_i . A partir de la ecuación (6), se aprecia que las matrices de antena grandes bajo contaminación de piloto ayudan a eliminar el ruido y el desvanecimiento a pequeña escala, pero la interferencia inter-usuario permanece. Así, para $P_1 = P_2$, $R=0,5$ [bit/s/Hz] como máximo es lo alcanzable. La tasa real teniendo en cuenta la sobrecarga del piloto, será incluso menor. Por lo tanto, la reutilización del piloto causa pérdida de tasa significativa a pesar el hecho de que existan muchos elementos de antena activos.

El Acceso Múltiple Semi-Ortogonal (SOMA, por sus siglas en inglés) es una solución construida de una manera que permite programar el doble de UEs en cada intervalo de coherencia en comparación con el TDD convencional, evitando incluso la contaminación del piloto. La construcción de SOMA es una forma que posee una característica semi-ortogonal en la transmisión de señal de tal modo que en una ranura de tiempo dada, algunos de los usuarios aparecen como ortogonales mientras que el resto de usuarios pueden transmitir de forma no ortogonal. La principal deficiencia de SOMA consiste en que los canales de los UEs no pueden ser estimados de forma simultánea sin interferencia. Sin embargo, mediante descodificación secuencial, resulta factible la estimación de canal secuencial libre de interferencias. De ese modo, habiendo estimado el primer vector de canal, solamente se puede emplear filtraje combinado para filtraje espacial puesto que los otros canales son desconocidos. MF es óptimo para matrices muy

grandes; sin embargo, para matrices de tamaño más pequeño, un filtraje espacial distinto tal como procesamiento de forzamiento a cero (ZF, por sus siglas en inglés) y de Mínimo Error Cuadrático Medio (MMSE, por sus siglas en inglés) puede ser superior a MF.

- 5 Parece que se requiere un desarrollo adicional con el fin de estar en condiciones de programar más UEs en una red por medio de un nodo de red para proporcionar tasas agregadas más altas, en particular en un entorno de MIMO masiva donde se requiera señalización de piloto intensa.

El documento WO 2013/091187 A1 describe una técnica de transmisión dúplex semi completa de portadora única.

El documento WO 2011/041544 A2 describe un método de inicialización de secuencia de señal de referencia (RS, por sus siglas en inglés) para un sistema de comunicación inalámbrica.

10 Compendio

Por lo tanto, un objeto consiste en obviar al menos algunas de las desventajas mencionadas con anterioridad y mejorar el rendimiento en una red de comunicación inalámbrica.

- 15 Este y otros objetos han sido alcanzados por medio de las características de las reivindicaciones independientes anexas. Formas de implementación adicionales son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, de la descripción y de las Figuras.

- Según un primer aspecto, se proporciona un nodo de red. El nodo de red puede estar configurado para recibir datos desde una pluralidad de Equipos de Usuario (UEs) sobre una pluralidad de recursos de tiempo-frecuencia compartidos, cuyo nodo de red está conectado a una matriz de antena con al menos un elemento de antena activo. El nodo de red comprende una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento está configurada para agrupar una pluralidad de UEs en al menos un primer grupo de UE y un segundo grupo de UE. Además, la unidad de procesamiento está configurada para asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE comprendido en el primer grupo de UE. También, la unidad de procesamiento está configurada además para asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE comprendido en el segundo grupo de UE. Adicionalmente, la unidad de procesamiento está configurada para asignar una compensación de recurso a los UEs comprendidos en cada grupo de UE, mediante la que se permite que cada UE inicie su subtrama de transmisión en su Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI, por sus siglas en inglés). Además, el nodo de red comprende un transmisor configurado para transmitir las secuencias piloto y la compensación de recurso a los UEs.

- Agrupando UEs en diferentes grupos de UE y permitiendo que los UEs reutilicen secuencias piloto de otros grupos de UE, se pueden programar más UEs para transmisión de enlace ascendente en comparación con las soluciones convencionales. Asignando una compensación de recurso a los UEs en un grupo de UE, se puede evitar la contaminación de piloto, cuando se reutilizan secuencias piloto. Gracias al nodo de red descrito y al método llevado a cabo en el mismo, se consigue una nueva técnica de acceso múltiple.

Con ello, se consigue también una eficiencia espectral más alta, en comparación con las soluciones convencionales.

- 35 En una primera implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, la unidad de procesamiento está además configurada para asignar la compensación de recurso de tal modo que las secuencias piloto de los UEs en el primer grupo de UE no sean interferidas por las secuencias piloto de los UEs del segundo grupo de UE.

Asignando una compensación de recurso a los UEs en un grupo de UE, se puede evitar la contaminación de piloto, cuando se reutilizan secuencias piloto.

- 40 En una segunda implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según la primera implementación posible del mismo, la unidad de procesamiento está configurada además para asignar y transmitir una secuencia patrón de supresión parcial a los UEs comprendidos en al menos uno de los grupos de UE, en donde la secuencia patrón de supresión parcial tiene una granularidad igual a la granularidad de las secuencias piloto de los UEs comprendidos en otros grupos de UE, para reducir la interferencia entre los grupos de UE.

Aplicando una supresión parcial de subtrama, el rendimiento agregado del sistema se incrementa.

- 45 En una tercera implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, la unidad de procesamiento está configurada además para actualizar el agrupamiento de los UEs, para la asignación de secuencias piloto, para la asignación de secuencias de compensación de recurso o para la asignación de secuencias patrón de supresión parcial, en base a movilidad de UE, a las condiciones del canal, al número de UEs activos dentro de alcance y carga de transmisión.

- 50 Actualizando y volviendo a realizar el agrupamiento de UEs de manera continua, o a determinados intervalos de tiempo, el agrupamiento y la asignación de recursos pueden ser continuamente optimizados y se puede llevar a cabo una compensación para el movimiento de los UEs dentro de la célula.

En una cuarta implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación

posible anterior del mismo, la unidad de procesamiento está configurada para agrupar la pluralidad de UEs en al menos el primer grupo de UE y el segundo grupo de UE, en base a la ubicación de célula de cada UE.

De ese modo, agrupando los UEs en base a su posición física, p. ej. en la célula en la que está ubicado el UE, se puede disminuir el reducido riesgo de interferencia entre secuencias piloto que sean reutilizadas por otros grupos de modo que sea posible filtrar tales secuencias piloto interferentes, p. ej. en caso de implementación MIMO Masiva, donde las señales interferentes pueden ser filtradas a partir de la dirección de la fuente de la señal interferente.

En una quinta implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, la unidad de procesamiento está además configurada para agrupar los UEs situados dentro de una Macro célula en el primer grupo de UE, y para agrupar los UEs situados dentro de una Pico célula virtual en el segundo grupo de UE.

De nuevo, agrupando los UEs en base a la posición física, p. ej. la célula en la que el UE esté ubicado, se puede disminuir el reducido riesgo de interferencia entre secuencias piloto que sean reutilizadas por otros grupos de modo que puede ser posible filtrar tales secuencias piloto interferentes, p. ej. en caso de implementación MIMO Masiva, donde las señales interferentes pueden ser filtradas a partir de la dirección de la fuente de la señal interferente.

En una sexta implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, la unidad de procesamiento está además configurada para agrupar los UEs, en base a un Índice de Calidad de Canal (CQI, por sus siglas en inglés) en donde los UEs asociados a un CQI más bajo que un valor de umbral son agrupados en el primer grupo de UE. El CQI puede representar un índice en una tabla de búsqueda donde el índice enumera, por ejemplo, una Relación de Señal frente a Ruido (SNR, por sus siglas en inglés) o una Relación de Señal frente a Ruido más Interferencia (SINR, por sus siglas en inglés).

Los UEs que tienen un CQI bajo pueden estar ubicados típicamente en el borde la célula y son en particular sensibles a interferencia. Mediante la implementación descrita, estos UEs se agrupan en el primer grupo, en donde no hay interferencia alguna mediante ninguna de las secuencias piloto transmitidas simultáneamente desde otros UEs de otros grupos de UE. De ese modo, se evita que se pierda el enlace de comunicación con ese UE.

En una séptima implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, la unidad de procesamiento está además configurada para coordinar la recepción y la transmisión en una pluralidad de nodos de acceso, asociados al nodo de red en transmisiones Coordinadas Multi-Punto (CoMP, por sus siglas en inglés).

De ese modo, se habilita la comunicación de un UE a través de una pluralidad de nodos de acceso en transmisiones CoMP.

En una octava implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el nodo de red comprende además un receptor. El receptor está configurado para recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs agrupados en el primer grupo de UE y para recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs agrupados en el segundo grupo de UE. La unidad de procesamiento está además configurada para estimar un canal de cada UE en el primer grupo de UE, en base a secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs agrupados en el primer grupo de UE. También, la unidad de procesamiento está además configurada para detectar las secuencias de datos de los UEs en el primer grupo de UE, cuyas secuencias de datos se usan para anular la interferencia sobre secuencias piloto recibidas de UEs agrupados en el segundo grupo de UE. Además, la unidad de procesamiento está configurada para estimar un canal de cada UE en el segundo grupo de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs agrupados en el segundo grupo de UE. Además, la unidad de procesamiento está también configurada para detectar las secuencias de datos de los UEs en el segundo grupo de UE, en donde las secuencias de datos se usan para anular la interferencia sobre las secuencias piloto recibidas desde UEs agrupados en el primer grupo de UE.

De ese modo, se consiguen mejoras adicionales.

En una novena implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, la unidad de procesamiento está además configurada para continuar secuencialmente el proceso de estimación de canal y de detección de datos, de forma iterativa.

Actualizando y volviendo a realizar el agrupamiento de UEs de forma continua, o a ciertos intervalos de tiempo predeterminados, el agrupamiento y la asignación de recursos pueden ser continuamente optimizados y se puede realizar compensación para el movimiento de los UEs dentro de la célula.

En una décima implementación posible del nodo de red según el primer aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, la unidad de procesamiento está además configurada para dar instrucciones a al menos un UE a efectos de que ajuste la potencia de transmisión, en base a al menos una de: la estimación de canal de cada grupo de UE y la interferencia entre los grupos de UE.

Ajustando la potencia de transmisión, se puede reducir aún más la interferencia entre UEs en el enlace ascendente.

Según un segundo aspecto, se proporciona un método en un nodo de red. El método comprende agrupar una pluralidad de UEs en al menos un primer grupo de UE y un segundo grupo de UE. Además, el método comprende también asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE comprendido en el primer grupo de UE. 5
Adicionalmente, el método comprende asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE comprendido en el segundo grupo de UE. Además, el método comprende asignar una compensación de recurso a los UEs comprendidos en cada grupo de UE, mediante la que se permite que cada UE inicie su subtrama de transmisión en su TTI. El método también comprende transmitir las secuencias piloto asignadas y la compensación de recurso asignada a los UEs.

10 Al agrupar UEs en diferentes grupos de UE y permitir que los UEs reutilicen secuencias piloto de otros grupos de UE, se pueden programar más UEs para transmisión de enlace ascendente en comparación con las soluciones convencionales. Asignando una compensación de recurso a los UEs de un grupo de UE, se puede evitar la contaminación de piloto, cuando se reutilizan secuencias piloto. Gracias al nodo de red descrito y al método llevado a cabo en el mismo, se consigue una nueva técnica de acceso múltiple. Con ello, también se consigue una eficiencia 15
espectral más alta, en comparación con las soluciones convencionales.

En una primera implementación posible del método según el segundo aspecto, comprende además asignar la compensación de recurso de tal modo que las secuencias piloto de los UEs en el primer grupo de UE no son interferidas por las secuencias piloto de los UEs del segundo grupo de UE.

20 Mediante la asignación de una compensación de recurso a UEs en un grupo de UE, se puede evitar la contaminación de piloto cuando se reutilizan secuencias piloto.

En una segunda implementación posible del método según el segundo aspecto, o según la primera implementación posible del mismo, una secuencia patrón de supresión parcial puede ser asignada y transmitida a los UEs comprendidos en al menos uno de los grupos de UE, en donde la secuencia patrón de supresión parcial tiene una granularidad igual a la granularidad de las secuencias piloto de los UEs comprendidos en otros grupos de UE, para 25
reducir la interferencia entre los grupos de UE.

Aplicando una supresión parcial de subtrama, se incrementa el rendimiento agregado del sistema.

En una tercera implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el agrupamiento de UEs, la asignación de secuencias piloto, la asignación de secuencias de compensación de recurso o la asignación de secuencias patrón de supresión parcial pueden ser actualizadas, en 30
base a movilidad de UE, condiciones de canal, número de UEs activos dentro de alcance y carga de transmisión.

Actualizando y llevando a cabo de nuevo el reagrupamiento de UEs de forma continua, o a ciertos intervalos de tiempo predeterminados, el agrupamiento y la asignación de recursos pueden ser optimizados de forma continuada, y se puede llevar a cabo compensación para el movimiento de los UEs dentro de la célula.

35 En una cuarta implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el agrupamiento de la pluralidad de UEs en al menos el primer grupo de UE y el segundo grupo de UE puede estar basado en localización de célula de cada UE.

Por lo tanto, agrupando los UEs en base a la posición física, p. ej. en qué célula está ubicado el UE, se puede disminuir el riesgo reducido de interferencia entre secuencias piloto que sean reutilizadas por otros grupos dado que puede ser 40
posible filtrar tales secuencias piloto interferentes, p. ej. en el caso de implementación de MIMO Masiva, donde las señales interferentes pueden ser filtradas a partir de la dirección de la fuente de la señal interferente.

En una quinta implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el agrupamiento de los UEs situados dentro de una Macro célula puede ser llevado a cabo en el primer grupo de UE, y el agrupamiento de los UEs situados dentro de una Pico célula virtual puede ser llevado a cabo en el segundo grupo de UE.

45 De nuevo, agrupando los UEs en base a la posición física, p. ej. en qué célula está ubicado el UE, se puede disminuir el reducido riesgo de interferencia entre secuencias piloto que sean reutilizadas por otros grupos debido a que es posible filtrar tales secuencias piloto interferentes, p. ej. en caso de implementación de MIMO Masiva, donde las señales interferentes pueden ser filtradas a partir de la dirección de la fuente de la señal interferente.

50 En una sexta implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el agrupamiento de los UEs puede ser llevado a cabo en base a CQI en donde los UEs asociados a un CQI más bajo que un valor de umbral son agrupados en el primer grupo de UE.

Los UEs que tiene un CQI bajo, pueden estar ubicados típicamente en el borde de la célula y son en particular sensibles a interferencia. Mediante la implementación descrita, estos UEs son agrupados en el primer grupo, en donde no existe ninguna interferencia por parte de cualesquiera secuencias piloto transmitidas simultáneamente desde otros UEs de

otros grupos de UE. Con ello, se evita que se pierda el enlace de comunicación con ese UE.

En una séptima implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación posible previa del mismo, se puede realizar una coordinación de la recepción y la transmisión en una pluralidad de nodos de acceso, asociados al nodo de red en transmisiones de CoMP.

- 5 De ese modo se habilita la comunicación de un UE a través de una pluralidad de nodos de acceso en transmisiones de CoMP.

En una octava implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el método comprende además recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs agrupados en el primer grupo de UE, y recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs agrupados en el segundo grupo de UE. El método comprende además estimar un canal de cada UE en el primer grupo de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs agrupados en el primer grupo de UE. También, el método comprende además detectar las secuencias de datos de los UEs del primer grupo de UE, cuyas secuencias de datos se usan para cancelar interferencia sobre secuencias piloto recibidas de UEs agrupados en el segundo grupo de UE. Adicionalmente, el método comprende también estimar un canal de cada UE en el segundo grupo de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs agrupados en el segundo grupo de UE. Además, el método comprende también detectar las secuencias de datos de los UEs del segundo grupo de UE, en donde las secuencias de datos pueden ser usadas para anular la interferencia sobre las secuencias piloto recibidas desde los UEs agrupados en el primer grupo de UE.

- 20 De ese modo se consiguen mejoras adicionales.

En una novena implementación del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación previa posible del mismo, el método comprende además continuar secuencialmente la estimación de canal y el proceso de detección de datos, iterativamente.

- 25 Actualizando y volviendo a realizar el agrupamiento de UEs de forma continuada, o a ciertos intervalos de tiempo predeterminados, el agrupamiento y la asignación de recursos pueden ser optimizados de forma continuada y se puede realizar compensación para el movimiento de los UEs en el interior de la célula.

En una décima implementación posible del método según el segundo aspecto, o según cualquier implementación posible previa del mismo, el método comprende además dar instrucciones a al menos un UE para que ajuste la potencia de transmisión, en base a al menos uno de entre: la estimación de canal de cada grupo de UE y la interferencia entre los grupos de UE.

- 30 Ajustando la potencia de transmisión, se puede reducir aún más la interferencia entre los UEs en el enlace ascendente.

Según un tercer aspecto, un programa informático comprende un código de programa para llevar a cabo un método según el segundo aspecto, o cualquier implementación posible del mismo, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

- 35 Agrupando los UEs en diferentes grupos de UE y permitiendo que los UEs reutilicen secuencias piloto de otros grupos de UE, se pueden programar más UEs para transmisión de enlace ascendente en comparación con las soluciones convencionales. Asignado una compensación de recurso a UEs en un grupo de UE, se puede evitar la contaminación de piloto, cuando se reutilizan secuencias piloto. Gracias al nodo de red descrito y al método llevado a cabo en el mismo, se consigue una nueva técnica de acceso múltiple. De ese modo, también se consigue una eficiencia espectral más alta, en comparación con las soluciones convencionales. De ese modo, se proporciona un rendimiento mejorado dentro de la red de comunicación inalámbrica.

Otros objetos, ventajas y características novedosas de los diferentes aspectos descritos de la invención, se pondrán de relieve partir de la descripción detallada que sigue.

Breve descripción de los dibujos

- 45 Se describen varias realizaciones de la invención con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos anexos que ilustran ejemplos de realizaciones de la invención, en los que:

La Figura 1A es un diagrama de bloques que ilustra una trama de transmisión conforme a soluciones convencionales;

La Figura 1B es un diagrama de bloques que ilustra programación multi usuario conforme a soluciones convencionales;

- 50 La Figura 1C es un diagrama de bloques que ilustra programación multi usuario conforme a soluciones convencionales;

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una red de comunicación inalámbrica según algunas realizaciones de la invención;

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra acceso múltiple con agrupamiento de usuario según una realización de la invención;

La Figura 4A es un diagrama de bloques que ilustra la programación de dos grupos según una realización de la invención;

- 5 La Figura 4B es un diagrama de bloques que ilustra un receptor según una realización de la invención;

La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra la programación de dos grupos de UE según una realización de la invención;

La Figura 6A es un diagrama de bloques que ilustra una red de comunicación inalámbrica según algunas realizaciones de la invención;

- 10 La Figura 6B es un diagrama de bloques que ilustra agrupamiento de UE según una realización de la invención;

La Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra una red de comunicación inalámbrica según algunas realizaciones de la invención;

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método en un nodo de red según una realización de la invención;

- 15 La Figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra una arquitectura de nodo de red según una realización de la invención;

La Figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra una comparación entre diferentes realizaciones de la invención y varias soluciones convencionales.

Descripción detallada

- 20 Las realizaciones de la invención que se describen en la presente memoria se definen como un nodo de red y un método de en un nodo de red, que pueden ser puestos en práctica en las realizaciones descritas a continuación. Estas realizaciones pueden ser, sin embargo, ejemplificadas y realizadas de muchas formas diferentes y no están limitadas a los ejemplos que se definen en la presente memoria; por el contrario, estos ejemplos ilustrativos de las realizaciones se proporcionan a efectos de que esta descripción pueda ser minuciosa y completa.

- 25 Otros aspectos y características adicionales pueden resultar evidentes a partir de la descripción detallada que sigue, considerada junto con los dibujos que se acompañan. Debe entenderse, sin embargo, que los dibujos están diseñados solamente con fines ilustrativos y no como una definición de los límites de las realizaciones que aquí se describen, para lo cual debe hacerse referencia a las reivindicaciones anexas. Además, los dibujos no están dibujados necesariamente a escala y, a menos que se indique otra cosa, éstos están destinados solamente a ilustrar conceptualmente las estructuras y los procedimientos que aquí se describen.

- 30 La Figura 2 es una ilustración esquemática a través de una red 200 de comunicación inalámbrica que comprende un nodo 210 de red y un número de Equipos de Usuario (UEs) 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. El nodo 210 de red comprende, o está conectado a, un nodo de acceso que tiene capacidad de comunicación de radio dentro un área 230 de cobertura. El nodo 210 de red comprende también, o está conectado a, una matriz 240 de antena, que comprende al menos un elemento 250 de antena. En algunas realizaciones, la matriz 240 de antena puede estar configurada para
35 comunicación de MIMO o de MIMO masiva. MIMO masiva se define a veces libremente como un sistema que comprende 100 o más elementos 250 de antena. Las ventajas de la MIMO masiva comprenden, p. ej. una detección de UE mejorada, una potencia de transmisión reducida por cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4, y una tasa agregada más alta gracias a una alta resolución espacial de MIMO masiva.

- 40 La red 200 de comunicación inalámbrica puede estar basada al menos parcialmente en, o inspirada por, tecnologías de acceso de radio tal como, p. ej. 3GPP LTE, LTE-Avanzada, Red de Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionada (E-UTRAN, por sus siglas en inglés), Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS, por sus siglas en inglés), por mencionar solamente unas pocas opciones.

- 45 Las expresiones “red de comunicación inalámbrica”, “sistema de comunicación inalámbrica” y/o “sistema de telecomunicación celular” pueden ser a veces utilizados de forma intercambiable dentro del concepto tecnológico de la presente descripción.

La red 200 de comunicación inalámbrica puede estar configurada para operar según el principio de Dúplex de División de Tiempo (TDD) y en la descripción subsiguiente y en las figuras asociadas, las realizaciones van a ser consiguientemente descritas en un entorno de TDD. Sin embargo, algunas realizaciones pueden estar basadas, o implementadas, en un entorno Dúplex de División de Frecuencia (FDD, por sus siglas en inglés).

- 50 TDD es una aplicación de multiplexado por división de tiempo para separar señales de enlace ascendente y de enlace descendente en el tiempo, posiblemente con un Período de Guarda (GP, por sus siglas en inglés) situado en el dominio del tiempo entre la señalización de enlace ascendente y de enlace descendente y/o entre la región de piloto y la región

de datos. FDD significa que el transmisor y el receptor operan a diferentes frecuencias de portadora.

El propósito de la ilustración de la Figura 2 consiste en proporcionar una visión de conjunto general, simplificada, de la red 200 de comunicación inalámbrica y de los métodos y nodos involucrados, tal como el nodo 210 de red y los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 descritos en la presente memoria, y de las funcionalidades involucradas. Además, se presenta una nueva técnica de acceso múltiple que permite programar más UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 para transmisión de enlace ascendente a través de canales compartidos en comparación con las soluciones convencionales que utilizan transmisiones piloto ortogonales en una célula, según se ha ilustrado en la Figura 1A. De ese modo, la eficiencia espectral para comunicaciones de MIMO y en particular de MIMO masiva, se mejora. La solución puede ser considerada como una generalización del SOMA descrito previamente, y puede ser mencionada por tanto como SOMA Generalizada (GSOMA, por sus siglas en inglés), pero sin las desventajas asociadas a SOMA como se va a explicar posteriormente con mayor detalle.

De manera más concreta, las realizaciones de la presente memoria describen un método para comunicación de múltiples paquetes de datos originados a partir de múltiples UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 de tal modo que los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 están agrupados de manera que algunos UEs 220-1, 220-2 están agrupados en un primer grupo 260 de UE y algunos otros UEs 220-3, 220-4 están agrupados en un segundo grupo 270 de UE.

Los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 dentro de cada grupo 260, 270 han sido asignados con secuencias piloto mutuamente ortogonales dentro del mismo grupo 260, 270. Sin embargo, se permite que los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 de otros grupos 260, 270 diferentes reutilicen el mismo conjunto de secuencias piloto ortogonales que las usadas por un UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 de otro grupo 260, 270 de UE.

GSOMA comprende tanto el esquema de SOMA como la solución de TDD convencional como casos especiales. Cuando cada grupo 260, 270 comprende únicamente un UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 y no se usa ninguna supresión, GSOMA se reduce a SOMA. Cuando existe solamente un grupo con número máximo de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4, entonces GSOMA se reduce al TDD convencional en donde solamente se usan secuencias piloto ortogonales. Por lo tanto, un GSOMA diseñado apropiadamente puede combinar las ventajas de ambos, el SOMA y el TDD convencional.

En algunas realizaciones, los paquetes de datos dentro de cada grupo 260, 270 de UE pueden ser alineados en base a una compensación de recurso que comprende compensación de tiempo y compensación de frecuencia comunicadas al UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 para evitar contaminación de piloto cuando las secuencias piloto son reutilizadas. La compensación de recurso está diseñada de tal modo que las secuencias piloto de un grupo 260, 270 no reciben ninguna interferencia.

En otra realización de la solución, el grupo 260, 270 de UE puede emplear adicionalmente supresión parcial de subtrama para aumentar el rendimiento agregado del sistema 200. En otra realización más, el agrupamiento de UE puede llevarse a cabo a nivel de red donde los grupos 260, 270 pueden comprender los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en Macro célula y/o en Pico célula virtual, respectivamente.

Se debe apreciar que la red ilustrada que configura un nodo 210 de red, cuatro UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 y dos grupos 260, 270 de UE en la Figura 2 debe ser considerada como un ejemplo no limitativo de una realización solamente. La red 200 de comunicación inalámbrica puede comprender cualquier otro número y/o combinación de nodos 210 de red y/o de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. Cualquier otra pluralidad arbitraria de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4, de grupos 260, 270 de UE y otra configuración de nodos 210 de red, pueden por tanto estar incluidos en algunas realizaciones de la invención divulgada.

El nodo 210 de red puede, según algunas realizaciones, estar configurado para transmisión de enlace descendente y recepción de enlace ascendente, pudiendo ser mencionado, respectivamente, p. ej. como una estación de base, un NodeB, un Node Bs evolucionado (abreviado y en inglés, eNB o eNode B), una estación transceptora de base, una Estación de Base de Punto de Acceso, un enrutador de estación de base, una Estación de Base de Radio (RBS, por sus siglas en inglés), una micro estación de base, una pico estación de base, una femto estación de base, un eNodeB Local, un sensor, un dispositivo de baliza, un nodo de relé, un repetidor o cualquier otro nodo de red configurado para comunicación con los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 a través de una interfaz inalámbrica, dependiendo p. ej. de la tecnología de acceso de radio y/o de la terminología utilizada.

Los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 pueden estar representados correspondientemente mediante, p. ej. un terminal de comunicación inalámbrica, un teléfono celular móvil, un Asistente Personal Digital (PDA, por sus siglas en inglés), una plataforma inalámbrica, una estación móvil, un ordenador de tableta, un dispositivo de comunicación portátil, un ordenador portátil, una computadora, un terminal inalámbrico que actúa como relé, un nodo de relé, un relé móvil, un Equipo de las Instalaciones del Cliente (CPE, por sus siglas en inglés), nodos de Acceso Inalámbrico Fijo (FWA, por sus siglas en inglés) o cualquier otra clase de dispositivo configurado para comunicar inalámbricamente con el nodo 210 de red, según diferentes realizaciones y diferente vocabulario.

Un ejemplo de una realización va a ser descrito a continuación. En esa realización, los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 están agrupados en J grupos donde cada grupo j contiene k_j UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 para $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ donde $K = \sum_{j=1}^J k_j$ es el número total de los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. Véase la Figura 2 para su ilustración. El

UE i en el grupo $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ de UE, utiliza secuencias s_j piloto. Es decir, las secuencias piloto son reutilizadas. Las secuencias piloto dentro de cada grupo 260, 270 de UE son ortogonales (es decir, el producto interno o la correlación cruzada de las dos secuencias piloto es cero) de tal modo que ello permite una estimación de canal libre de interferencia para los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en cada grupo 260, 270 de UE. El número máximo de secuencias piloto puede ser, por lo tanto, $\max k_j$.

La reutilización convencional de secuencias piloto donde ocurre interferencia de unas secuencias piloto con otras, da como resultado "contaminaciones de piloto" que degradan severamente el rendimiento de los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. Sin embargo, con esta nueva solución, se permite reutilizar las secuencias piloto de una forma controlada. Una reutilización de piloto se realiza de forma no ortogonal para aumentar la eficiencia espectral del sistema 200. Sin embargo, la interferencia puede ser controlada por medio de una transmisión de una compensación de recurso tal como por ejemplo compensación de tiempo o compensación de frecuencia. De ese modo, las secuencias piloto de diferentes grupos 260, 270 de UE pueden ser recibidas de forma no ortogonal, por ejemplo ranuras de tiempo no solapantes con compensación de tiempo o con frecuencia no solapantes con compensación de frecuencia. También, las secuencias piloto del primer grupo 260 de UE son recibidas libres de interferencia. Es decir, los otros UEs 220-1, 220-2 agrupados en el primer grupo 260 de UE aparecen en silencio en el lado del receptor. Las secuencias piloto del grupo $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ de UE, son solamente interferidas por símbolos de datos de los UEs 1 a $j-1$.

La Figura 3 ilustra una realización que comprende acceso múltiple con agrupamiento de usuario para reutilización de piloto y transmisión de compensación de recurso. El eje de tiempo indica el tiempo de recepción en el lado del receptor. En algunas realizaciones de la solución, los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 pueden usar supresión parcial para controlar la estimación de calidad de canal en el lado del receptor según se ha ilustrado en la Figura 3.

La estructura descrita permite la reutilización de las secuencias piloto debido a que evita contaminaciones de piloto. Así por ejemplo, si se usa un intervalo de tiempo de longitud T_p para el piloto y la transmisión total para cada subtrama es $T_c = T_d + T_p$, donde T_d es un tiempo de transmisión para datos, T_c es el tiempo de coherencia. Entonces, el número máximo de grupos 260, 270 de UE, cuando se usa compensación de tiempo, puede ser calculado como:

$$J = \left\lfloor \frac{T_c}{T_p} \right\rfloor \quad (7)$$

Para ilustrar el impacto final del método descrito, considérese el caso de un nodo 210 de acceso con una matriz 240 de antena con un número muy alto de elementos 250 de antena. Para este caso, la solución convencional asigna la mitad del tiempo para entrenamiento y el tiempo restante para transmisión de datos con el fin de maximizar la tasa agregada. Es decir, el número total de símbolos n_{sim} que puede haber asintóticamente con un error despreciable, puede ser detectado según se incrementa el número de antenas, viene dado por:

$$n_{sim} = \frac{1}{4} T_c^2 \quad (8)$$

Sin embargo, con la nueva solución según la ecuación (7), se pueden programar dos grupos 260, 270 de UE con reutilización de piloto. La Figura 4A ilustra un ejemplo de este caso con dos grupos 260, 270 de UE donde no se usa la supresión debido a que para matrices muy grandes es posible la anulación de interferencias. Para descodificar la información de diferentes grupos 260, 270 de UE, se puede usar la siguiente estimación y descodificación de canal secuencial. Usando los pilotos del primer grupo 260 de UE, los canales asociados son estimados y a continuación se descodifican los datos que siguen. Los datos descodificados del primer grupo 260 de UE se alimentan al estimador de canal restada la interferencia debida a los símbolos de datos para los pilotos del segundo grupo 270 de UE. El procedimiento se hace que continúe a continuación iterativamente. Para un gran número de antenas 250, se puede demostrar que el número de símbolos n_{sim}^{nuevo} recuperados resulta ser:

$$n_{sim}^{nuevo} = \frac{1}{2} T_c^2 \quad (9)$$

lo que indica un 100% de incremento en el rendimiento. Esta ganancia es también alcanzable usando SOMA. Sin embargo, el método presentado se comporta mejor que el SOMA para un número finito de antenas 250, lo que se va a discutir posteriormente.

Para un sistema multiportadora, la ecuación (8) y la ecuación (9) cambiarán respectivamente a $\frac{1}{4} B_c^2 T_c^2$ y $\frac{1}{2} B_c^2 T_c^2$, donde B_c indica el ancho de banda de coherencia.

La Figura 4B ilustra un ejemplo de receptor utilizado p. ej. en el caso de los dos grupos de UE ilustrados en la Figura 4A.

Para el caso de que la matriz 240 de antena no comprenda tantos elementos 250 de antena, puede ser beneficioso suprimir parcialmente alguna parte de subtramas para aumentar la estimación de canal y para mejorar

consequently el rendimiento del filtraje espacial que a su vez aumenta la eficiencia espectral del sistema. La Figura 5 representa un ejemplo. El patrón de supresión puede ser elegido en base a la interferencia inter-UEs cuando se pueda considerar para una interferencia más alta un patrón de supresión con una densidad más alta y también para interferencia más baja se pueda seleccionar un patrón de supresión más escaso para mejorar la eficiencia espectral del sistema 200, en algunas realizaciones.

La calidad de la estimación de canal juega un papel clave sobre el rendimiento del sistema 200. Una manera de optimizar el rendimiento del sistema 200 consiste en realizar un control de potencia en bucle cerrado donde el control de potencia se realiza en base al símbolo de piloto de enlace ascendente. Para la construcción descrita, resulta deseable que tenga una asignación de potencia media variable sobre el piloto y los símbolos de datos, donde la asignación de potencia varíe sobre los diferentes grupos 260, 270. En particular, por ejemplo en la Figura 4B y en la Figura 5, puede ser deseable tener asignación de potencia más alta sobre las secuencias piloto de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE para que permita una estimación de canal de calidad más alta que permita una detección mejorada de los símbolos de datos del primer grupo 260 de UE y también una mejor anulación de interferencia sobre las secuencias piloto. Obsérvese que, con el fin de llevar a cabo anulación de interferencia sobre las secuencias piloto de ambos grupos 260, 270 de UE, se puede necesitar conocer ambos símbolos de datos y obtener una buena estimación de los canales.

En otra realización, la compensación de recurso puede comprender compensación de frecuencia de tal modo que se pueda llevar a cabo el mismo principio con la compensación de tiempo en el dominio de la frecuencia. Es decir, el recurso sobre el eje horizontal en la Figura 3 es la frecuencia. De ese modo, el agrupamiento para el caso de compensación conjunta de tiempo y de frecuencia, puede ser calculado como:

$$J = \left\lfloor \frac{B_c T_c}{T_p} \right\rfloor \quad (10)$$

donde B_c indica ancho de banda de coherencia en número de subportadora.

La solución principal en la Figura 3 se construye mediante agrupamiento de los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. El agrupamiento de UE en algunos escenarios puede hacerse en base a la asociación de los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 a células. La realización siguiente del agrupamiento de UE en la solución principal se hace en el nivel de red donde el agrupamiento de UE puede equivaler a una Red Heterogénea Virtual (vHetNet, por sus siglas en inglés) según se ha ilustrado en la Figura 6A. La razón para la HetNet virtual consiste en evitar despliegues de backhaul en comparación con el despliegue convencional. En este ejemplo, se proporciona una pico célula 410 virtual y una macro célula 230, aunque no obstante, otras configuraciones pueden comprender otro número de pico células 410 virtuales.

Un ejemplo de la solución se proporciona en la Figura 6B. La solución descrita puede ser necesaria dado que para la transmisión de enlace ascendente, las secuencias piloto procedentes de las Pico-células 410 virtuales y de la Macro célula 230 interferirán entre sí. Las señales de referencia de enlace ascendente transmitidas desde los UEs 220-3, 220-4 de la Pico célula y desde los UEs 220-1, 220-2 de la Macro célula interfieren entre sí. Por lo tanto, los haces direccionales construidos se fugan a UEs indeseados debido a las contaminaciones de pilotos. Para el caso en que la Pico célula 410 virtual y las Macro células 230 tengan hardware de antena diferente, se puede adoptar simplemente una transmisión Coordinada Multi-Punto (CoMP) según estén colocadas las estaciones de base asociadas.

Por lo tanto, el receptor de la Figura 6A puede ser implementado cuando el primer grupo 260 de UE comprende UEs 220-1, 220-2 de Macro célula y el segundo grupo 270 de UE comprende UEs 220-3, 220-4 de Pico célula.

Además, se puede considerar la tasa agregada del esquema sobre canales de radio de desvanecimiento de Rayleigh cuyo tiempo de coherencia es T_c , es decir el número de símbolos para el que se mantiene el canal aproximadamente sin cambios. Se supone que la ganancia media de canal desde cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 hasta la matriz 240 de antena unida al nodo 210 de acceso, está normalizada en uno. Se consideran las tres soluciones que siguen y que se discuten con posterioridad: a) TDD convencional, b) SOMA y c) GSOMA con compensación de tiempo y supresión parcial.

Para TDD convencional, considérese la solución de referencia usando el protocolo de solución de TDD convencional donde el número de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 se establece en la mitad del tiempo de coherencia. La solución de TDD convencional con Filtraje Combinado (MF) y estimación de canal de MMSE consigue la tasa-suma:

$$R_{\text{sum,MF}}^b = \frac{1}{2} K \log \left(1 + \frac{(n_t - 1)(1 - N_e)P_d}{N_0 + N_e P_d + (K - 1)P_d} \right) \quad (11)$$

Usando Forzamiento a Cero (ZF) para filtraje espacial y estimación de canal de MMSE, se puede comprobar que se cumple lo siguiente:

$$R_{\text{sum,ZF}}^b = \frac{1}{2} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_e)P_d}{N_0 + K N_e P_d} \right) \quad (12)$$

en donde n_t es el número de antenas, donde P_d , N_0 y N_e en las ecuaciones (11) – (12) indican, respectivamente, la potencia de transmisión de datos, la varianza de AWGN, y la varianza del error de estimación de canal en el que viene dado por:

$$N_e = \frac{N_0}{N_0 + P_p} \quad (13)$$

5 donde P_p indica potencia de transmisión de piloto. A continuación considérese el esquema de SOMA que proporciona la tasa-suma siguiente:

$$R_{\text{SOMA}}^b = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{N-1} \left\{ \log \left(1 + \frac{P_k}{\frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} N_0 + \frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} N_{e_k} P_k + \frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} \sum_{l=1, l \neq k}^{l-1} P_l} \right) + \sum_{l=k+1}^{N-1} \log \left(1 + \frac{P_k}{\frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} N_0 + \frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} N_{e_k} P_k + \frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} P_{pl} + \frac{(1-N_{e_k})^{-1}}{n_t-1} \sum_{l=1, l \neq k}^{l-1} P_l} \right) \right\} \quad (14)$$

donde:

$$N_{e_k} = \frac{N_0 + \sum_{j=1}^k N_{e_j} P_j}{N_0 + P_{pk} + \sum_{j=1}^k N_{e_j} P_j} \quad (15)$$

10 y $N = T_c B_c$ indica la longitud del intervalo de coherencia, P_k y P_{pk} indican respectivamente los datos y la potencia de transmisión de piloto de un usuario k , en donde P_j representa los datos de un usuario j .

Finalmente, una realización que comprende GSOMA con compensación de Tiempo y Supresión, va a ser discutida. Considérese el protocolo de transmisión ilustrado en la Figura 5 en donde se ha considerado la transmisión de enlace ascendente con múltiples subtramas. Existen dos grupos 260, 270 de UE, es decir $J = 2$, de tal modo que cada grupo 260, 270 de UE comprende $K = \frac{1}{2} T_c$ UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. Los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en cada grupo 260, 270 de UE están transmitiendo con pilotos ortogonales, mientras que las secuencias piloto en el segundo grupo 270 de UE son totalmente reutilizadas por los UEs 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE. Los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 emplean *supresión parcial*, cuyo patrón de supresión está señalado por el nodo 210 de acceso, y está diseñado de tal modo que los pilotos del primer grupo *no* reciben ninguna interferencia en absoluto y la estimación de canal para los UEs 220-1, 220-2 del primer grupo 260 de UE no se degrada con respecto a la base de referencia. El patrón de supresión en este ejemplo tiene la granularidad de la mitad de la longitud de subtrama que es igual a la porción de la región de piloto. Sin embargo, las secuencias piloto del segundo grupo 270 de UE son recibidas *simultáneamente* como los datos del primer grupo 260 de UE. La realización descrita conforme a la Figura 5, con MF para filtraje espacial y estimación de canal de MMSE, consigue la tasa-suma:

$$R_{\text{sum,MF}}^{\text{nueva}} = \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t-1)(1-N_{e1})P_{d1}}{N_0 + N_{e1}P_{d1} + P_{p2} + (K-1)P_{d1}} \right) + \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t-1)(1-N_{e2})P_{d2}}{N_0 + N_{e2}P_{d2} + (K-1)P_{d2}} \right) \quad (16)$$

y usando filtraje espacial de ZF y estimación de canal de MMSE, consigue la tasa-suma:

$$R_{\text{sum,ZF}}^{\text{nueva}} = \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_{e1})P_{d1}}{N_0 + K N_{e2} + P_{p2}} \right) + \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_{e2})P_{d2}}{N_0 + K N_{e2}} \right) \quad (17)$$

donde $P_{d,j}$, $P_{p,j}$, $N_{e,j}$ indican la potencia de transmisión de datos, la potencia de transmisión de piloto y la varianza de error de estimación de canal para los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en el grupo de UE $j = 1, 2$ y

$$N_{e,1} = \frac{N_0}{N_0 + P_{p1}}$$

$$N_{e,2} = \frac{N_0 + KN_{e1}P_{d1}}{N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2}} \quad (18)$$

A continuación se va a explicar una prueba de la tasa-suma con MF para una mayor claridad de algunos aspectos de las realizaciones de la solución que se han descrito. En este ejemplo, existen dos grupos 260, 270 de UE con UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. Las secuencias piloto de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE son mutuamente ortogonales de modo que el receptor puede realizar estimación de canal para cada UE 220-1, 220-2 en el grupo 260 de UE independientemente y sin interferencia. Sin pérdida de la generalidad, considérese el primer UE 220-1 en el primer grupo 260 de UE. Entonces la secuencia piloto recibida viene dada por:

$$y_{p1} = h_{11}x_{p11} + z_{p,1} \quad (19)$$

donde h_{11} es el vector de canal del primer UE 220-1 en el primer grupo 260 de UE para la matriz 240 de antena con n_t elementos 250 de antena, y x_{p11} es el símbolo de piloto transmitido desde el primer UE 220-1 en el primer grupo 260 de UE y $z_{p,1}$ es el vector de ruido de AWGN con n_t elementos 250 de antena en la matriz 240 de antena. Sobre el primer elemento de recurso de tiempo-frecuencia, los otros UEs 220-2 permanecen silentes y el primer estimador de canal puede estimar el vector h_{11} de canal sin ninguna interferencia. El vector de canal estimado puede ser escrito como $\hat{h}_{11} = h_{11} + z_{e11}$, donde z_{e11} indica el vector de error de estimación de canal. Con la estimación de canal de MMSE, cada elemento del vector de error de estimación de canal tiene la varianza igual a:

$$N_{e,1} = \frac{N_0}{N_0 + P_{p1}} \quad (20)$$

donde N_0 indica la varianza de AWGN y P_{p1} es la potencia de la secuencia piloto transmitida desde el primer UE 220-1 en el primer grupo 260 de UE.

La señal de datos recibida sobre el $i^{\text{ésimo}}$ elemento de recurso de tiempo-frecuencia viene dada por:

$$y_i = \underbrace{h_{11}x_{d11,i}}_{\text{Información deseada}} + \underbrace{\sum_{j=2}^{K-1} h_{j1}x_{dj1,i}}_{\substack{\text{interferencia desde otros UEs} \\ \text{en el primer grupo de UE}}} + \underbrace{h_{i2}x_{pi2}}_{\substack{\text{secuencias piloto del correspondiente} \\ \text{UE en el segundo grupo de UE}}} + \underbrace{z_i}_{\text{AWGN}} \quad (21)$$

en donde h_{ij} indica el vector de canal del UE i del grupo j , $x_{dj1,i}$ indica el símbolo de datos transmitido desde el UE j en el primer grupo 260 de UE sobre el elemento de recurso de tiempo-frecuencia, $j = 1, 2, \dots, K$ y x_{pi2} indica el piloto de los 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE que se transmite en el $i^{\text{ésimo}}$ elemento de recurso de tiempo-frecuencia. A continuación, el receptor que usa el vector de canal estimado del primer usuario, $\hat{h}_{11} = h_{11} + z_{e11}$, donde z_{e11} es el error de estimación de canal, obtenido por medio del vector y_{p1} de señal, puede realizar el filtraje combinado normalizado para $2 \leq i \leq N$, como sigue:

$$\tilde{y}_i = \frac{1}{\|\hat{h}_{11}\|} \hat{h}_{11}^\dagger y_i = \underbrace{\frac{\|\hat{h}_{11}\|}{\|\hat{h}_{11}\|} x_{d11,i}}_{\substack{\text{Información del primer UE en el primer} \\ \text{grupo de UE: sobreuso del } i^{\text{ésimo}} \text{ canal}}} + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{11}\|} \hat{h}_{11}^\dagger h_{i2} x_{pi2}}_{\substack{\text{Interferencia debida al piloto del} \\ i^{\text{ésimo}} \text{ UE en el segundo grupo de UE}}} + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{11}\|} \sum_{j=2}^{K-1} \hat{h}_{11}^\dagger h_{j1} x_{dj1,i}}_{\substack{\text{Interferencia debida a otros} \\ \text{datos de UEs en el primer grupo de UE}}} + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{11}\|} \hat{h}_{11}^\dagger z_i}_{\text{AWGN}} + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{11}\|} \hat{h}_{11}^\dagger z_{e11} x_{d1,i}}_{\substack{\text{Propagación del error} \\ \text{de estimación de canal}}} \quad (22)$$

donde $\hat{h}_{11}^\dagger$ indica la transposición de Hermitian de $\hat{h}_{11}$. Se puede apreciar la variable $\|\hat{h}_{11}\| x_{d11,i}$ no está correlacionada con los restantes términos de la ecuación (22). De ese modo, usando el hecho de que el peor ruido no correlacionado

es el Gaussiano, y repitiendo este procedimiento para todos los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE, se puede alcanzar la siguiente tasa-suma para el primer grupo:

$$\begin{aligned}
 R_{\Sigma 1} &= \sum_{k=1}^K R_{k1} \\
 &= \frac{1}{3} K \mathbb{E} \log \left(1 + \frac{\|\hat{\mathbf{h}}_{11}\|^2 P_{d1}}{N_0 + N_{e1} P_{d1} + P_{p2} + (K-1) P_{d1}} \right) \\
 &= \frac{1}{3} K \mathbb{E} \log \left(1 + \frac{P_{d1}}{\frac{1}{\|\hat{\mathbf{h}}_{11}\|^2} (N_0 + N_{e1} P_{d1} + P_{p2} + (K-1) P_{d1})} \right) \\
 &\geq \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{P_{d1}}{\mathbb{E} \left[\frac{1}{\|\hat{\mathbf{h}}_{11}\|^2} \right] (N_0 + N_{e1} P_{d1} + P_{p2} + (K-1) P_{d1})} \right) \\
 &= \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - 1)(1 - N_{e1}) P_{d1}}{N_0 + N_{e1} P_{d1} + P_{p2} + (K-1) P_{d1}} \right)
 \end{aligned} \tag{23}$$

donde R_{k1} indica la tasa de transmisión de un usuario k en el primer grupo, la desigualdad continúa por desigualdad de Jensen, y la última igualdad se mantiene debido a las propiedades de la distribución de Wishart inversa.

Además, se puede considerar el segundo grupo 270 de UE. El receptor necesita, en primer lugar, estimar el canal de los UEs 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE. Los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE transmiten las secuencias piloto correspondientes simultáneamente con los símbolos de datos de todos los UEs 220-1, 220-2 del primer grupo 260 de UE. Considérese la señal recibida:

$$\mathbf{y}_i = \underbrace{\mathbf{h}_{i2} \mathbf{x}_{pi2}}_{\text{secuencia piloto del primer UE en el segundo grupo de UE}} + \underbrace{\sum_{j=1}^K \mathbf{h}_{j1} \mathbf{x}_{dj1,i}}_{\text{interferencia desde todos los UEs en el primer grupo de UE}} + \underbrace{\mathbf{z}_i}_{\text{AWGN}} \tag{24}$$

que comprende la secuencia piloto del primer UE 220-3 en el segundo grupo 270 de UE. La secuencia piloto ruidosa recibida asociada al UE 220-3 correspondiente está interferida por los símbolos $x_{dj1,i}$ de datos para todos los UEs $1 \leq j \leq K$ en el primer grupo 260 de UE. Sin embargo, estos símbolos de datos son descodificados previamente y los canales asociados son también estimados como $\hat{\mathbf{h}}_{j1}$. De ese modo, el receptor puede realizar una anulación de interferencia como sigue, para obtener la señal $\tilde{\mathbf{y}}_i$ procesada:

$$\begin{aligned}
 \tilde{\mathbf{y}}_i &= \mathbf{y}_i - \underbrace{\sum_{j=1}^K \hat{\mathbf{h}}_{j1} \mathbf{x}_{dj1,i}}_{\text{interferencia estimada desde todos los UEs en el primer grupo de UE}} \\
 &= \underbrace{\mathbf{h}_{i2} \mathbf{x}_{pi2}}_{\text{símbolo piloto del primer UE en el segundo grupo de UE}} + \underbrace{\mathbf{z}_i}_{\text{AWGN}} - \underbrace{\sum_{j=1}^K \hat{\mathbf{z}}_{e,j1} \mathbf{x}_{dj1,i}}_{\text{propagación de error de estimación de canal tras anulación de interferencia}}
 \end{aligned} \tag{25}$$

El vector de canal estimado obtenido a través de $\tilde{\mathbf{y}}_i$ puede ser escrito como $\hat{\mathbf{h}}_{i2} = \mathbf{h}_{i2} + \mathbf{z}_{ei2}$, donde $\mathbf{z}_{ei2}$ indica el vector de error de estimación de canal. Con la estimación de canal de MMSE, cada elemento del vector de error de estimación de canal tiene la varianza igual a:

$$N_{e2} = \frac{N_0 + KN_{e1}P_{d1}}{N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2}} \quad (26)$$

donde N_0 indica la varianza de AWGN y P_{p2} es la potencia de la secuencia piloto transmitida desde el UE 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE. Usando ahora los canales $\hat{h}_{12}$ estimados, el receptor realiza filtraje de MF para las señales que portan la información de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE. A este fin, considérese el primer UE 220-3 en el segundo grupo 270 de UE. Los datos recibidos a través del $i^{\text{ésimo}}$ elemento de recurso de tiempo-frecuencia vienen dados por:

$$y_i = \underbrace{h_{12}x_{d12,i}}_{\text{información deseada}} + \underbrace{\sum_{j=2}^{K-1} h_{j1}x_{dj2,i}}_{\text{interferencia desde otros UEs en el segundo grupo de UE}} + \underbrace{z_i}_{\text{AWGN}} \quad (27)$$

donde $x_{dj2,i}$ indica el símbolo de datos transmitido desde el UE j en el segundo grupo 270 de UE a través del $i^{\text{ésimo}}$ elemento de recurso de tiempo-frecuencia. A continuación, el receptor usando el vector de canal estimado, $\hat{h}_{12} = h_{12} + z_{e12}$, del primer UE 220-3 en el segundo grupo 270 de UE, realiza el filtraje combinado normalizado como sigue, para obtener la señal $\tilde{y}$ procesada:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_i = \frac{1}{\|\hat{h}_{12}\|} \hat{h}_{12}^\dagger y_i = & \underbrace{\frac{\|\hat{h}_{12}\| x_{d12,i}}{\|\hat{h}_{12}\|}}_{\text{Información del primer UE en el primer grupo de UE mediante el uso del } i^{\text{ésimo}} \text{ canal}} + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{12}\|} \sum_{j=2}^{K-1} \hat{h}_{12}^\dagger h_{j2} x_{dj1,i}}_{\text{Interferencia debida a datos otros UEs en el segundo grupo de UE}} \\ & + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{12}\|} \hat{h}_{12}^\dagger z_i}_{\text{AWGN}} + \underbrace{\frac{1}{\|\hat{h}_{12}\|} \hat{h}_{12}^\dagger z_{e12} x_{d12,i}}_{\text{Propagación del error de estimación de canal}} \end{aligned} \quad (28)$$

Obsérvese que la variable $\|\hat{h}_{12}\| x_{d12,i}$ deseada no está correlacionada con los restantes términos en (28). Por lo tanto, usando el hecho de que el peor ruido no correlacionado es el Gaussiano, y repitiendo este procedimiento para todos los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE, entonces resulta alcanzable la siguiente tasa:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma 2} &= \sum_{k=1}^K R_{k2} \\ &= \frac{1}{3} K \mathbb{E} \log \left(1 + \frac{\|\hat{h}_{12}\|^2 P_{d2}}{N_0 + N_{e2} P_{d2} + (K-1) P_{d2}} \right) \\ &= \frac{1}{3} K \mathbb{E} \log \left(1 + \frac{P_{d2}}{\frac{1}{\|\hat{h}_{12}\|^2} (N_0 + N_{e2} P_{d2} + (K-1) P_{d2})} \right) \\ &\geq \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{P_{d2}}{\mathbb{E} \left[\frac{1}{\|\hat{h}_{12}\|^2} \right] (N_0 + N_{e2} P_{d2} + (K-1) P_{d2})} \right) \\ &= \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - 1)(1 - N_{e2}) P_{d2}}{N_0 + N_{e2} P_{d2} + (K-1) P_{d2}} \right) \end{aligned} \quad (29)$$

donde R_{k2} indica la tasa de transmisión de un usuario k en el segundo grupo, la primera desigualdad sigue de forma similar mediante la desigualdad de Jensen y la última igualdad se mantiene debido a las propiedades de la distribución de Wishart inversa. Ahora, la suma de las tasas de todos los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en ambos grupos 260, 270 de UE, proporciona la siguiente tasa-suma alcanzable:

$$R_{\text{sum,MF}}^{\text{nueva}} = R_{\Sigma 1} + R_{\Sigma 2}$$

$$= \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - 1)(1 - N_{e1})P_{d1}}{N_0 + N_{e1}P_{d1} + P_{p2} + (K - 1)P_{d1}} \right) + \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - 1)(1 - N_{e2})P_{d2}}{N_0 + N_{e2}P_{d2} + (K - 1)P_{d2}} \right) \quad (30)$$

Además, se va a explicar una prueba de la tasa-suma obtenida mediante ZF. Existen dos grupos 260, 270 de UE con los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en este ejemplo arbitrario. Las secuencias piloto en el primer grupo 260 de UE son ortogonales de modo que el receptor puede estimar los canales de todos los UEs 220-1, 220-2 con anterioridad al filtraje espacial. Los canales estimados pueden ser escritos en una matriz conforme a:

$$\hat{\mathbf{H}}_1 = \underbrace{[\mathbf{h}_{11} \quad \dots \quad \mathbf{h}_{1K}]}_{\mathbf{H}_1} + \underbrace{[\mathbf{z}_{e,11} \quad \dots \quad \mathbf{z}_{e,1K}]}_{\mathbf{z}_{e1}} \quad (31)$$

donde la $j^{\text{ésima}}$ columna de $\mathbf{H}_1$ y $\mathbf{z}_{e1}$ indican respectivamente el vector del canal y el error de estimación de canal del $j^{\text{ésimo}}$ UE del primer grupo 260 de UE, a la matriz de antena. Usando la matriz $\hat{\mathbf{H}}_1$ de canal estimado, el receptor forma la matriz de forzamiento a cero dada como:

$$\mathbf{W}_{ZF,1} = \hat{\mathbf{H}}_1 (\hat{\mathbf{H}}_1^\dagger \hat{\mathbf{H}}_1)^{-1} \quad (32)$$

Usando el filtro $\mathbf{W}_{ZF}$ espacial construido, el receptor obtiene el vector de señal:

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{y}}_i &= \mathbf{W}_{ZF,1}^\dagger \mathbf{y}_i \\ &= (\hat{\mathbf{H}}_1^\dagger \hat{\mathbf{H}}_1)^{-1} \hat{\mathbf{H}}_1^\dagger \mathbf{y}_i \\ &= (\hat{\mathbf{H}}_1^\dagger \hat{\mathbf{H}}_1)^{-1} \hat{\mathbf{H}}_1^\dagger \left([\hat{\mathbf{h}}_{11} \quad \dots \quad \hat{\mathbf{h}}_{1K}] \begin{bmatrix} x_{d11,i} \\ x_{d12,i} \\ \vdots \\ x_{d1K,i} \end{bmatrix} + \mathbf{h}_{i2} x_{p2i} + \mathbf{z}_i - \sum_{j=1}^K \mathbf{z}_{ej1} x_{dj1,i} \right) \\ &= \begin{bmatrix} x_{d11,i} \\ x_{d12,i} \\ \vdots \\ x_{d1K,i} \end{bmatrix} + \mathbf{W}_{ZF,1}^\dagger (\mathbf{h}_{i2} x_{p2i} + \mathbf{z}_i - \sum_{j=1}^K \mathbf{z}_{ej1} x_{dj1,i}) \end{aligned} \quad (33)$$

A partir de la ecuación (33), se aprecia que el filtraje de ZF espacial ortogonaliza (es decir, fuerza a cero) la interferencia de los otros UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4. Considerando el primer elemento de $\tilde{\mathbf{y}}_i$:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_{1i} = & \underbrace{x_{d11,i}}_{\text{Información de primer UE en el primer grupo de UE}} + \underbrace{\hat{\mathbf{w}}_1^\dagger \mathbf{h}_{l2} x_{p2i}}_{\text{Interferencia debida al piloto del } j^{\text{ésimo}} \text{ UE en el segundo grupo de UE}} \\ & - \underbrace{\sum_{j=1}^K \hat{\mathbf{w}}_1^\dagger \mathbf{z}_{ej1} x_{dj1,i}}_{\text{Propagación del error de estimación de canal}} + \underbrace{\hat{\mathbf{w}}_1^\dagger \mathbf{z}_i}_{\text{AWGN}} \end{aligned} \quad (34)$$

De nuevo puede apreciarse que $\|\hat{\mathbf{w}}_1\|^2 x_{d11,i}$ no está correlacionada con las restantes variables en la ecuación (34). Evocando entonces el hecho de que el peor ruido no correlacionado es el Gaussiano, se puede alcanzar la siguiente tasa:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma 1} &= \sum_{k=1}^K R_{k1} \\ &= \frac{1}{3} \sum_{k=1}^K \mathbb{E} \log \left(1 + \frac{P_{d1}}{\|\hat{\mathbf{w}}_k\|^2 (N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2})} \right) \\ &\geq \frac{1}{3} \sum_{k=1}^K \log \left(1 + \frac{P_{d1}}{\mathbb{E}[\|\hat{\mathbf{w}}_k\|^2] (N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2})} \right) \\ &= \frac{1}{3} \sum_{k=1}^K \log \left(1 + \frac{P_{d,1}}{\mathbb{E} \left\{ [(\hat{\mathbf{H}}_1^\dagger \hat{\mathbf{H}}_1)^{-1}]_{kk} \right\} (N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2})} \right) \\ &= \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_{e1})P_{d1}}{N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2}} \right) \end{aligned} \quad (35)$$

donde la primera desigualdad sigue de forma similar mediante desigualdad de Jensen y la última igualdad se mantiene debido a las propiedades sobre distribución de Wishart inversa.

Además, se puede considerar el segundo grupo 270 de UE. El receptor estima en primer lugar todos los canales de los UEs 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE. Esto puede hacerse de una forma similar a como se ha sido ya ilustrado en el ejemplo anterior, usando el mismo procedimiento de anulación de interferencia que se ha descrito en la ecuación (25). Teniendo canales estimados de todos los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE, el receptor realiza a continuación ZF usando los vectores de canal estimados. Siguiendo el mismo procedimiento que para el primer grupo 260 de UE explicado en las ecuaciones (31) – (35), la tasa-suma para el segundo grupo 270 de UE viene dada por:

$$R_{\Sigma 2} = \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_{e2})P_{d2}}{N_0 + KN_{e2}P_{d2}} \right) \quad (36)$$

donde

$$N_{e,2} = \frac{N_0 + KN_{e1}P_{d1}}{N_0 + KN_{e1}P_{d1} + P_{p2}} \quad (37)$$

Finalmente, se puede hallar que la tasa-suma de todos los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en ambos grupos 260, 270 de UE es:

$$R_{\text{sum,ZF}}^{\text{nueva}} = \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_{e1})P_{d1}}{N_0 + KN_{e2} + P_{p2}} \right) + \frac{1}{3} K \log \left(1 + \frac{(n_t - K)(1 - N_{e2})P_{d2}}{N_0 + KN_{e2}} \right) \quad (38)$$

La Figura 7 ilustra también un escenario de Hetnet, similar al Hetnet virtual representado en la Figura 6A. Sin embargo, el sistema 200 comprende aquí un pico nodo 710, que forma una pico célula 720. El pico nodo 710 está conectado al nodo 210 de red a través de un enlace backhaul, el cual puede ser cableado o inalámbrico en diferentes realizaciones. Sin embargo, otras configuraciones pueden comprender otro número de pico nodos 710 y pico células 720.

En algunas realizaciones, los UEs 220-1, 220-2 situados en la macro célula 230, servidos por el nodo 210 de red, pueden estar agrupados entre sí en un grupo, p. ej. el primer grupo 260 de UE, mientras que los UEs 220-3, 220-4 servidos por el pico nodo 710, pueden estar agrupados en el segundo grupo 250, etc.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra realizaciones de un método 800 en el nodo 210 de red. El método 800 concierne a comunicación inalámbrica con una pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en un sistema 200 de comunicación inalámbrica, en donde los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 están agrupados entre sí en al menos dos grupos 260, 270 de UE. El nodo 210 de red comprende, o es conectable a, una pluralidad de elementos 250 de antena, que forman una matriz 240 de múltiples antenas, que puede estar configurada para transmisión de Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) masiva.

La matriz 240 de múltiples antenas comprende una multitud de elementos 250 de antena, tal como p. ej. cien o más elementos 250 de antena en algunas realizaciones. El sistema 200 de comunicación inalámbrica puede estar por tanto configurado para MIMO masiva, según algunas realizaciones. La multitud de elementos de antena pueden estar montados, en algunas realizaciones, guardando una distancia entre sí, dentro de la matriz 240 de múltiples antenas, de tal modo que algunos, varios o incluso todos los elementos 250 de antena pueden estar capacitados para recibir/transmitir la misma señal desde/a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4.

La red 200 de comunicación inalámbrica puede estar basada en 3GPP LTE. Además, el sistema 200 de comunicación inalámbrica puede estar basado en FDD o TDD en diferentes realizaciones. El nodo 210 de red puede comprender un eNodeB según algunas realizaciones.

Para comunicar apropiadamente con los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4, el método 500 puede comprender un número de acciones 801-813.

Se debe apreciar no obstante que, cualquiera, algunas o todas las acciones 801-813 descritas, pueden ser llevadas a cabo en cualquier orden cronológico diferente al que indica la enumeración, ser realizadas de forma simultánea o incluso ser realizadas en un orden completamente inverso conforme a diferentes realizaciones. Algunas de las acciones 801-813, tal como las acciones 806-813, pueden ser llevadas a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas. Además, se debe apreciar que algunas acciones pueden ser llevadas a cabo en una pluralidad de maneras alternativas según diferentes realizaciones, y que algunas de esas maneras alternativas pueden ser llevadas a cabo solamente dentro de las algunas de, pero necesariamente en todas, las realizaciones. El método 800 puede comprender las siguientes acciones:

Acción 801

Una pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 son agrupados en al menos un primer grupo 260 de UE y un segundo grupo 270 de UE.

El número total de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 puede ser cualquier número entero arbitrario > 1 . También, el número de grupos 260, 270 de UE puede ser cualquier número entero arbitrario > 1 . El número de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 agrupados en cada uno de los grupos 260, 270 de UE puede ser cualquier número entero arbitrario > 1 .

El agrupamiento de la pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en cualquier de entre al menos un primer grupo 260 de UE y un segundo grupo 270 de UE, puede estar basado en algunas realizaciones en la ubicación de célula de cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4.

En algunas realizaciones, los UEs 220-1, 220-2 situados dentro de una Macro célula 230 pueden estar agrupados en el primer grupo 260 de UE, y los UEs 220-3, 220-4 situados dentro de una Pico célula 410 virtual pueden estar agrupados en el segundo grupo 270 de UE.

Además, el agrupamiento de los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 se realiza en base a la intensidad de la señal recibida, en donde los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 asociados a una intensidad de señal recibida más baja que un valor de

umbral pueden estar agrupados en el primer grupo 260 de UE mientras que los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 asociados a una intensidad de señal recibida que exceda el valor de umbral pueden ser agrupados en el segundo grupo 270 de UE.

Acción 802

- 5 Se asigna una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE 220-1, 220-2 comprendido en el primer grupo 260 de UE.

Las secuencias piloto de secuencias piloto mutuamente ortogonales pueden ser asignadas a los UEs 220-1, 220-2 agrupados 801 en el primer grupo 260 de UE, las cuales son reutilizables por los UEs 220-3, 220-4 agrupados 801 en el segundo grupo 270 de UE en algunas realizaciones.

- 10 Acción 803

Se asigna una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE 220-3, 220-4 comprendido en el segundo grupo 270 de UE.

- 15 Las secuencias piloto de secuencias piloto mutuamente ortogonales pueden ser asignadas a los UEs 220-3, 220-4 agrupados 801 en el segundo grupo 270 de UE, las cuales son reutilizables por los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE.

Acción 804

Se asigna una compensación de recurso a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 comprendidos en cada grupo 260, 270 de UE, mediante la que se permite que cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 inicie su subtrama de transmisión en su Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI).

- 20 Las primeras secuencias de compensación de recurso pueden ser seleccionadas de tal modo que las secuencias piloto recibidas de los UEs 220-1, 220-2 del primer grupo 260 de UE, no sean interferidas por las señales transmitidas desde los UEs 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE, mientras que las secuencias piloto de los UEs 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE son recibidas simultáneamente con los datos de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE y cualquier otra secuencia piloto que sea ortogonal a las secuencias piloto de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE, en algunas realizaciones.
- 25

Acción 805

Las secuencias piloto asignadas de 802, 803 y la compensación de recurso asignada de 804, son transmitidas a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4.

Acción 806

- 30 Esta acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

Una secuencia patrón de supresión parcial puede ser transmitidas a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 comprendidos en al menos uno de los grupos 260, 270 de UE.

- 35 El patrón de supresión parcial de los UEs 220-1, 220-2, en el primer grupo 260 de UE puede tener una granularidad igual a la porción de la región piloto de los UEs 220-3, 220-4 comprendidos en otros grupos 270 de UE, para reducir la interferencia entre las secuencias piloto y de datos, y viceversa.

Acción 807

Esta acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

Las secuencias piloto y las secuencias de datos pueden ser recibidas desde los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en los respectivos grupos 260, 270 de UE.

- 40 Las secuencias piloto y/o las secuencias de datos pueden ser recibidas desde los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en los respectivos grupos 260, 270 de UE a través de un canal compartido de enlace ascendente.

Acción 808

Esta acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

Un canal de cada UE 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE puede ser estimado.

- 45 Un canal respectivo de cada UE 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE puede ser estimado, en base a las secuencias piloto ortogonales recibidas de 805 desde los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE.

Acción 809

Esta acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

Las secuencias de datos de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE, pueden ser detectadas.

- 5 Las secuencias de datos de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE pueden ser detectadas, las cuales pueden ser usadas para anular la interferencia sobre las secuencias piloto recibidas de 805 de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE.

Acción 810

Esta acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

Se puede estimar un canal de cada UE 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE.

10 Acción 811

Esta acción puede ser llevada a cabo en algunas realizaciones alternativas.

Las secuencias de datos de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE pueden ser detectadas.

- 15 Las secuencias de datos de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE pueden ser detectadas, las cuales pueden ser usadas para anular la interferencia sobre las secuencias piloto recibidas de 805 de los UEs 220 en el primer grupo 260 de UE.

Acción 812

Esta acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

- 20 Usar secuencias de datos de UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE para anular interferencia sobre secuencias piloto recibidas desde los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE, y viceversa, es decir se pueden usar secuencias de datos de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE para anular interferencia sobre las secuencias piloto recibidas 805 de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE.

Esta acción puede ser llevada a cabo con anterioridad a la acción 810 en algunas realizaciones.

Acción 813

La acción puede ser llevada a cabo solamente en algunas realizaciones alternativas.

- 25 Se pueden dar instrucciones a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 para que ajusten la potencia de transmisión, en base a la interferencia inter-grupo entre las secuencias piloto y de símbolo de datos y a la calidad de la estimación de canal.

- 30 Además, algunas realizaciones pueden comprender actualizar el agrupamiento 801, las secuencias piloto 802, 803 asignadas, las secuencias de compensación de recurso 804 asignadas o las secuencias patrón de supresión parcial 806 transmitidas, las cuales pueden ser señalizadas a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en base a la movilidad del UE, a las condiciones del canal, al número de UEs activos dentro de alcance y carga de transmisión.

Algunas realizaciones pueden comprender coordinar la recepción y la transmisión en una pluralidad de nodos 710 de acceso, asociados al nodo 210 de red en transmisiones Coordinadas Multi-Punto (CoMP).

- 35 La Figura 9 ilustra una realización de un nodo 210 de red, configurado para comunicación inalámbrica con UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en un sistema 200 de comunicación inalámbrica.

- 40 El nodo 210 de red está configurado para llevar a cabo el método 800, conforme a cualesquiera, algunas, todas o al menos una de las acciones 801-813 enumeradas, según algunas realizaciones. Así, el nodo 210 de red está configurado para recibir datos desde una pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 a través de una pluralidad de recursos de tiempo-frecuencia compartidos. El nodo 210 de red puede estar conectado a una matriz 240 de antena con al menos un elemento 250 de antena activo. Sin embargo, en algunas realizaciones, la matriz 240 de antena puede comprender una pluralidad de elementos 250 de antena, tal como decenas o cientos de elementos 250 de antena.

- 45 El nodo 210 de red puede comprender, según algunas realizaciones, un NodeB evolucionado, eNodeB. La red 200 de comunicación inalámbrica puede estar basada opcionalmente en Evolución de Largo Plazo del Proyecto Partnership de 3ª Generación, 3GPP LTE.

El nodo 210 de red comprende una unidad 920 de procesamiento. La unidad 920 de procesamiento está configurada para agrupar una pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en al menos un primer grupo 260 de UE y un segundo

- grupo 270 de UE. La unidad 920 de procesamiento está además configurada para asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE 220-1, 220-2 comprendido en el primer grupo 260 de UE. Adicionalmente, la unidad 920 de procesamiento está configurada para asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE 220-3, 220-4 comprendido en el segundo grupo 270 de UE. También, la unidad 920 de procesamiento está además configurada adicionalmente para asignar una compensación de recurso a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 comprendidos en cada grupo 260, 270 de UE, mediante la que se permite que cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 inicie su subtrama de transmisión en su Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI).
- La unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para asignar la compensación de recurso de tal modo que las secuencias piloto de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE no sean interferidas por las secuencias piloto de los UEs 220-3, 220-4 del segundo grupo 270 de UE, en algunas realizaciones.
- Además, la unidad 920 de procesamiento puede estar también configurada para asignar y transmitir una secuencia patrón de supresión parcial a los UEs 220-1, 220-2 comprendidos en al menos uno de los grupos 260 de UE, en donde la secuencia patrón de supresión parcial puede tener una granularidad igual a la granularidad de las secuencias piloto de los UEs 220-3, 220-4 comprendidos en otros grupos 270 de UE, para reducir la interferencia entre los grupos 260, 270 de UE.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar también configurada además para actualizar el agrupamiento de los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4, la asignación de secuencias piloto, la asignación de secuencias de compensación de recurso o la asignación de secuencias patrón de supresión parcial, en base a movilidad de UE, condiciones de canal, número de UEs activos dentro de alcance y/o la carga de transmisión.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para agrupar la pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en al menos el primer grupo 260 de UE y el segundo grupo 270 de UE, en base a la ubicación de célula de cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en algunas realizaciones.
- Además, la unidad 920 de procesamiento puede estar también configurada para agrupar los UEs 220-1, 220-2 situados dentro de una Macro célula 230, en el primer grupo 260 de UE, y para agrupar los UEs 220-3, 220-4 situados dentro de una Pico célula 410 virtual, en el segundo grupo 270 de UE.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para agrupar los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en base a un Índice de Calidad de Canal (CQI) en donde los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 asociados a un CQI más bajo que un valor de umbral son agrupados en el primer grupo 260 de UE.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para coordinar recepción y transmisión en una pluralidad de nodos 710 de acceso, asociados al nodo 210 de red en transmisiones de CoMP.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar también configurada además para estimar un canal de cada UE 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de los UEs 220-1, 220-2 agrupados en el primer grupo 260 de UE en algunas realizaciones.
- También, la unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para detectar las secuencias de datos de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE, cuyas secuencias de datos se usan para anular la interferencia sobre las secuencias piloto recibidas de UEs 220-3, 220-4 agrupados en el segundo grupo 270 de UE.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para estimar un canal de cada UE 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs 220-3, 220-4 agrupados en el segundo grupo 270 de UE.
- Además, la unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para detectar las secuencias de datos de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270 de UE, en donde las secuencias de datos pueden ser usadas para anular la interferencia sobre las secuencias piloto recibidas desde los UEs 220-1, 220-2 agrupados en el primer grupo 260 de UE.
- La unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada, en algunas realizaciones, para continuar secuencialmente el proceso de estimación de canal y de detección de datos, de forma iterativa.
- También, la unidad 920 de procesamiento puede estar además configurada para dar instrucciones a al menos un UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 para que ajuste la potencia de transmisión, en base a al menos uno de: la estimación de canal de cada grupo 260, 270 de UE y la interferencia entre los grupos 260, 270 de UE.
- Dicha unidad 920 de procesamiento puede comprender una o más instancias de entre un circuito de procesamiento, es decir, una Unidad Central de Procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés), una unidad de procesamiento, un circuito de procesamiento, un procesador, un Circuito Integrado Específico de la Aplicación (ASIC, por sus siglas en inglés), un microprocesador, u otra lógica de procesamiento que pueda interpretar y ejecutar instrucciones. La expresión "unidad de procesamiento" utilizada en la presente memoria puede representar por lo tanto una circuitería de procesamiento que comprenda una pluralidad de circuitos de procesamiento, tal como p. ej., cualquiera, algunos o

todos los que se han mencionado con anterioridad.

Además, el nodo 210 de red comprende un transmisor 930 configurado para transmitir las secuencias piloto y la compensación de recurso y posiblemente también otras señales inalámbricas a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4.

Además, el nodo 210 de red puede comprender adicionalmente un receptor 910 configurado para recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs 220-1, 220-2 agrupados en el primer grupo 260 de UE y para recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs 220-3, 220-4 agrupados en el segundo grupo 270 de UE, en algunas realizaciones.

Además, el nodo 210 de red puede comprender al menos una memoria 925, según algunas realizaciones. La memoria 925 opcional puede comprender un dispositivo físico utilizado para almacenar datos o programas, es decir secuencias de instrucciones, sobre una base temporal o permanente. Según algunas realizaciones, la memoria 925 puede comprender circuitos integrados que comprendan transistores a base de silicio. Además, la memoria 925 puede ser volátil o no volátil.

Las acciones 801-813 a ser ejecutadas en el nodo 210 de red, pueden ser implementadas por medio de los uno o más circuitos 920 de procesamiento en el nodo 210 de red, junto con un producto de programa informático para ejecutar las funciones de las acciones 801-813. De ese modo, un producto de programa informático que comprenda instrucciones para llevar a cabo las acciones 801-813 en el nodo 210 de red, puede realizar comunicación inalámbrica con UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en un sistema 200 de comunicación inalámbrica en flujos de antena, cuando el producto de programa informático se carga en un circuito 920 de procesamiento del nodo 210 de red.

Por lo tanto, un programa informático que comprenda un código de programa para llevar a cabo el método 800 según cualquiera de las acciones 801-813, puede realizar comunicación inalámbrica con UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en un sistema 200 de comunicación inalámbrica, cuando el programa informático se carga en un procesador 920 del nodo 110 de red.

De este modo, un producto de programa informático puede comprender un medio de almacenaje legible con ordenador que almacene un código de programa en el mismo, para su uso por parte de un nodo 210 de red, para comunicación inalámbrica con los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en un sistema 200 de comunicación inalámbrica. El código de programa comprende instrucciones para ejecutar un método 800 que comprende: agrupar 801 una pluralidad de UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 en al menos un primer grupo 260 de UE y un segundo grupo 270 de UE; asignar 802 una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE 220-1, 220-2 comprendido en el primer grupo 260 de UE; asignar 803 una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE 220-3, 220-4 comprendido en el segundo grupo 270 de UE; asignar 804 una compensación de recurso a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 comprendidos en cada grupo 260, 270 de UE mediante la cual se permita que cada UE 220-1, 220-2, 220-3, 220-4 inicie su subtrama de transmisión en su Intervalo de Tiempo de Transmisión, TTI; y, transmitir 805 las secuencias piloto 802, 803 asignadas y la compensación de recurso 804 asignada a los UEs 220-1, 220-2, 220-3, 220-4.

El producto de programa informático mencionado con anterioridad puede ser proporcionado, por ejemplo, en forma de portadora de datos que porta un código de programa informático para la ejecución de al menos algunas de las acciones 801-813 conforme a algunas realizaciones cuando son cargadas en el circuito 920 de procesamiento. La portadora de datos puede ser, p. ej., un disco duro, un disco CD ROM, un lápiz de memoria, un dispositivo de almacenaje óptico, un dispositivo de almacenaje magnético o cualquier otro medio apropiado tal como un disco o una cinta que puedan mantener datos legibles con máquina de una manera no transitoria. El producto de programa informático puede ser proporcionado además como código de programa informático por un servidor y descargado en el nodo 210 de red de forma remota, p. ej. a través de Internet o de una conexión de intranet.

La Figura 10 muestra los resultados de la evaluación del tiempo de coherencia $T_c = 10$ y de los canales de Rayleigh

de desvanecimiento donde $\frac{P_{d1}}{N_0} = -10 \text{ dB}$, $\frac{P_{d2}}{N_0} = \frac{P_{p2}}{N_0} = 5 \text{ dB}$ y $\frac{P_{p1}}{N_0} = 10 \text{ dB}$. Se puede apreciar que la

potencia de piloto de los UEs 220-1, 220-2 en el primer grupo 260 de UE se incrementa para mejorar la estimación de canal que va a ser usada para anulación de interferencia sobre el piloto de los UEs 220-3, 220-4 en el segundo grupo 270. La Figura 10 representa gráficamente la tasa media obtenida mediante la simulación de 5000 canales aleatorios y el cálculo de la tasa media asociada tras MF y ZF, que se han mostrado mediante cuadrados y rombos respectivamente. Los límites analíticos en las ecuaciones (11)-(16) han sido representados con líneas punteadas y continuas para MF y ZF, respectivamente. Para la tasa-suma 15 [bit/s/Hz], para establecer que el filtraje espacial sea ZF, el TDD convencional demanda más de 700 antenas, mientras que la nueva solución requiere alrededor de 200 antenas si se compara con la solución convencional, lo que resulta ser una reducción significativa. Para SOMA, a efectos de conseguir la misma tasa, se requieren alrededor de 450 antenas. Para 200 y 400 antenas, la ganancia de rendimiento con respecto al TDD convencional asciende a alrededor de un 43% y un 40%, respectivamente, y la ganancia con respecto a SOMA asciende a alrededor de un 40% y un 25%, respectivamente. La matriz 240 de antena puede recoger la energía a través de múltiples rutas y por lo tanto el nodo 210 de acceso está capacitado

para recuperar la señal de ruido recibida, a pesar del hecho de que la potencia de datos sea muy baja. Esto aboga, por lo tanto, por el uso de matrices 240 de antena de MIMO masiva para el establecimiento de sistemas 200 de comunicación con eficiencia energética.

- 5 Algunas realizaciones del método 800 descrito pueden ser aplicables en sistemas 200 combinados con modulaciones multi-portadora, tal como transmisión de OFDM.

La terminología usada en la descripción de las realizaciones según han sido ilustradas en los dibujos que se acompañan, no está destinada a que sea limitativa del método 800 descrito y/o del nodo 210 de red. Se pueden realizar diversos cambios, sustituciones y/o alteraciones, sin apartarse de la invención según se define en las reivindicaciones anexas.

- 10 Según se utiliza en la presente memoria, el término “y/o” comprende cualquiera de, y todas, las combinaciones de uno o más de los objetos enumerados asociados. El término “o” según se utiliza en la presente memoria, debe ser interpretado como una OR matemática, es decir, como una disyuntiva inclusiva, no como una OR matemática exclusiva (XOR), a menos que se indique expresamente otra cosa. Adicionalmente, las formas en singular de “un”, “una” y “el”
 15 deben ser interpretadas como “al menos uno”, de modo que también comprenden posiblemente una pluralidad de entidades de la misma clase, a menos que se indique expresamente otra cosa. Se debe entender además que los términos “incluye”, “comprende”, “incluyendo” y/o “comprendiendo”, especifican la presencia de características constatadas, acciones, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no impiden la presencia o la adición de una o más de otras características, acciones, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos. Una unidad única, tal como p. ej. un procesador, puede cumplir
 20 las funciones de varios elementos mencionados en las reivindicaciones. El mero hecho de que se mencionen determinadas medidas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes, no indica que no se pueda usar una combinación de esas medidas de forma ventajosa. Un programa informático puede ser almacenado/distribuido sobre un medio adecuado, tal como un medio de almacenaje óptico o un medio de estado sólido proporcionado junto con, o como parte de, otro hardware, pero también puede ser distribuido en otras forma tal como a través de Internet o de
 25 otro sistema de comunicación cableado o inalámbrico.

REIVINDICACIONES

1.- Un nodo (210) de red, que comprende:

una unidad (920) de procesamiento configurada para:

5 agrupar una pluralidad de UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) en al menos un primer grupo (260) de UE y un segundo grupo (270) de UE;

asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE (220-1, 220-2) comprendido en el primer grupo (260) de UE;

asignar una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE (220-3, 220-4) comprendido en el segundo grupo (270) de UE; y,

10 asignar una compensación de recurso a los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) comprendidos en cada grupo (260, 270) de UE, mediante la que se permite que cada UE (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) inicie su subtrama de transmisión en su Intervalo de Tiempo de Transmisión, TTI, en donde la compensación de recurso comprende una compensación de tiempo o una compensación de frecuencia; y,

15 un transmisor (930) configurado para transmitir las secuencias piloto y la compensación de recurso a los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4);

en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para asignar la compensación de recurso de tal modo que las secuencias piloto de los UEs (220-1, 220-2) en el primer grupo (260) de UE no sean interferidas por las secuencias piloto de los UEs (220-3, 220-4) en segundo grupo (270) de UE;

20 en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para dar instrucciones a al menos un UE (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) para que ajuste la potencia de transmisión, en base a al menos uno de: la estimación de canal de cada grupo (260, 270) de UE y la interferencia entre los grupos (260, 270) de UE.

25 2.- El nodo (210) de red según la reivindicación 1, en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para asignar y transmitir una secuencia patrón de supresión parcial a los UEs (220-1, 220-2) comprendidos en al menos uno de los grupos (260) de UE, en donde la secuencia patrón de supresión parcial tiene una granularidad igual a la granularidad de las secuencias piloto de los UEs (220-3, 220-4) comprendidos en otros grupos (270) de UE, para reducir la interferencia entre los grupos (260, 270) de UE.

30 3.- El nodo (210) de red según las reivindicaciones 1 y 2, en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para actualizar el agrupamiento de los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4), la asignación de secuencias piloto, la asignación de secuencias de compensación de recurso o la asignación de secuencias patrón de supresión parcial, en base a la movilidad de UE, las condiciones de canal, el número de UEs activos dentro de alcance y carga de transmisión.

4.- El nodo (210) de red según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la unidad (920) de procesamiento está configurada para agrupar la pluralidad de UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) en al menos el primer grupo (260) de UE y el segundo grupo (270) de UE, en base a la ubicación de célula de cada UE (220-1, 220-2, 220-3, 220-4).

35 5.- El nodo (210) de red según la reivindicación 4, en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para agrupar los UEs (220-1, 220-2) situados dentro de una Macro célula (230) en el primer grupo (260) de UE, y para agrupar los UEs (220-3, 220-4) ubicados dentro de una Pico célula (410) virtual en el segundo grupo (270) de UE.

40 6.- El nodo (210) de red según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para agrupar los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) en base a un Índice de Calidad de Canal, CQI, en donde los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) asociados a un CQI más bajo que un valor de umbral son agrupados en el primer grupo (260) de UE.

7.- El nodo (210) de red según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para coordinar la recepción y la transmisión en una pluralidad de nodos (710) de acceso, asociados al nodo (210) de red en transmisiones Coordinadas Multi-Punto, CoMP.

45 8.- El nodo (210) de red según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un receptor (910) configurado para recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs (220-1, 220-2) agrupados en el primer grupo (260) de UE y para recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs (220-3, 220-4) agrupados en el segundo grupo (270) de UE;

en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para:

50 estimar un canal de cada UE (220-1, 220-2) en el primer grupo (260) de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de los UEs (220-1, 220-2) agrupados en el primer grupo (260) de UE;

- detectar las secuencias de datos de los UEs (220-1, 220-2) en el primer grupo (260) de UE, las cuales secuencias de datos son usadas para anular interferencia sobre secuencias piloto recibidas de UEs (220-3, 220-4) agrupados en el segundo grupo (270) de UE;
- 5 estimar un canal de cada UE (220-3, 220-4) en el segundo grupo (270) de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs (220-3, 220-4) agrupados en el segundo grupo (270) de UE; y
- detectar las secuencias de datos de los UEs (220-3, 220-4) en el segundo grupo (270) de UE, en donde las secuencias de datos se usan para anular interferencia sobre las secuencias piloto recibidas desde UEs (220-1, 220-2) agrupados en el primer grupo (260) de UE.
- 10 9.- El nodo (210) de red según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad (920) de procesamiento está además configurada para continuar secuencialmente la estimación de canal y el proceso de detección de datos, de forma iterativa.
- 10.- Un método (800) en un nodo (210) de red, que comprende:
- 15 agrupar (801) una pluralidad de UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) en al menos un primer grupo (260) de UE y un segundo grupo (270) de UE;
- asignar (802) una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE (220-1, 220-2) comprendido en el primer grupo (260) de UE;
- asignar (803) una secuencia piloto mutuamente ortogonal a cada UE (220-3, 220-4) comprendido en el segundo grupo (270) de UE;
- 20 asignar (804) una compensación de recurso a los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) comprendidos en cada grupo (260, 270) de UE, mediante la que se permite que cada UE (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) inicie su subtrama de transmisión en su Intervalo de Tiempo de Transmisión, TTl, de tal modo que las secuencias piloto de los UEs del primer grupo de UE no sean interferidas por las secuencias piloto de los UEs en el segundo grupo de UE;
- 25 en donde la compensación de recurso comprende una compensación de tiempo o una compensación de frecuencia, y
- transmitir (805) las secuencias piloto asignadas (802, 803) y la compensación de recurso asignada (804) a los UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4);
- 30 dar instrucciones (813) a al menos un UE (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) para que ajuste la potencia de transmisión, en base a al menos uno de: la estimación de canal de cada grupo (260, 270) de UE y la interferencia entre los grupos (260, 270) de UE.
- 35 11.- El método según la reivindicación 10, que comprende además asignar y transmitir una secuencia patrón de supresión parcial a los UEs (220-1, 220-2) comprendidos en al menos uno de los grupos (260) de UE, en donde la secuencia patrón de supresión parcial tiene una granularidad igual a la granularidad de las secuencias piloto de los UEs (220-3, 220-4) comprendidos en otros grupos (270) de UE, para reducir la interferencia entre los grupos (260, 270) de UE.
- 40 12.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 10-11, que comprende además la actualización del agrupamiento de UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4), la asignación de secuencias piloto, la asignación de secuencias de compensación de recurso o la asignación de secuencias patrón de supresión parcial, en base a la movilidad de UE, a condiciones de canal, al número de UEs activos dentro de alcance y carga de transmisión.
- 40 13.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 10-12, que comprende además agrupar la pluralidad de UEs (220-1, 220-2, 220-3, 220-4) en al menos el primer grupo (260) de UE y el segundo grupo (270) de UE, en base a la ubicación de célula de cada UE (220-1, 220-2, 220-3, 220-4).
- 45 14.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones 10-13, que comprende recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs agrupados en el primer grupo de UE y recibir las secuencias piloto mutuamente ortogonales y las secuencias de datos desde los UEs agrupados en el segundo grupo de UE,
- y que comprende además,
- estimar un canal de cada UE en el primer grupo de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de los UEs agrupados en el primer grupo de UE;
- 50 detectar las secuencias de datos de los UEs en el primer grupo de UE, las cuales secuencias de datos se usan para anular interferencia sobre secuencias piloto recibidas de los UEs agrupados en el segundo grupo de UE;

estimar un canal de cada UE en el segundo grupo de UE, en base a las secuencias piloto mutuamente ortogonales recibidas de UEs agrupados en el segundo grupo de UE, y

detectar las secuencias de datos de los UEs en el segundo grupo de UE, en donde las secuencias de datos pueden ser usadas para anular interferencia sobre las secuencias piloto recibidas desde UEs agrupados en el primer grupo de UE.

5

15.- Un programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa se ejecuta por medio de un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo las etapas de método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14.

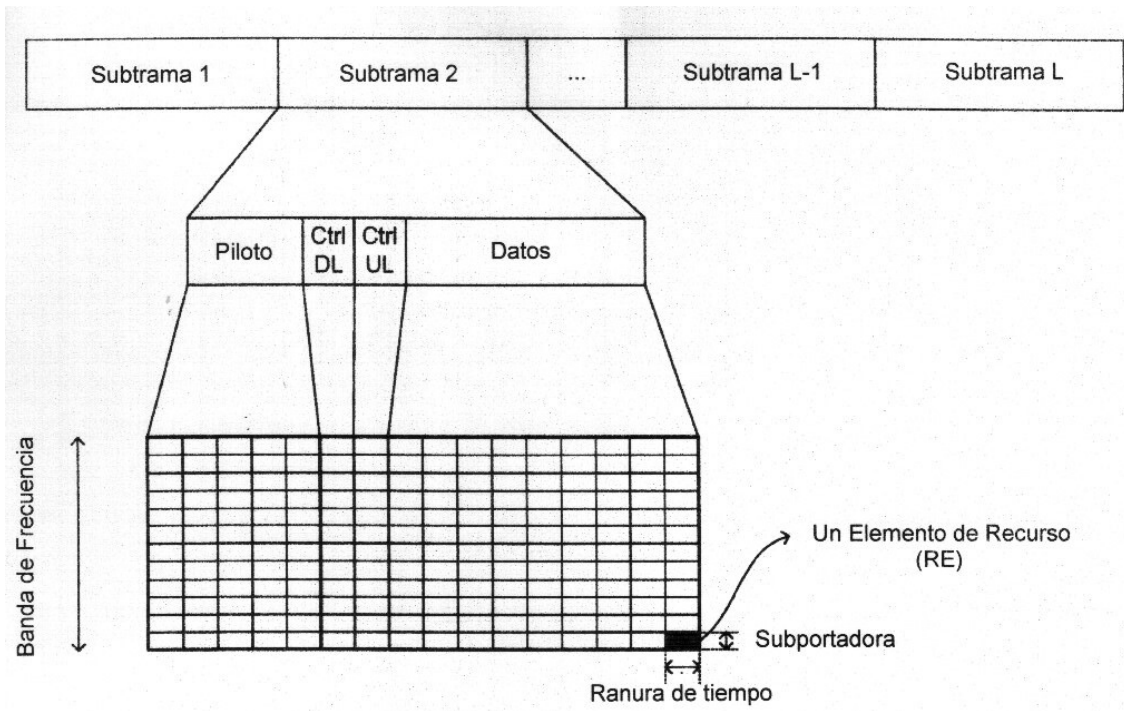


Fig. 1A (TÉCNICA ANTERIOR)

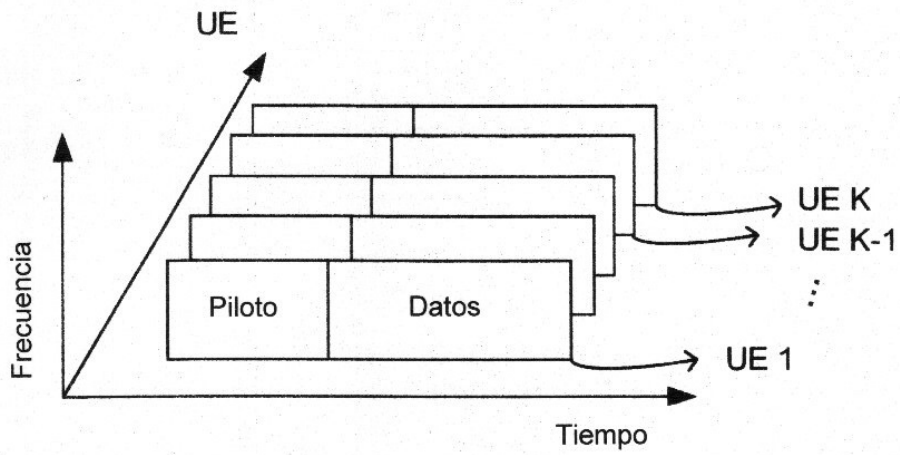


Fig. 1B (TÉCNICA ANTERIOR)

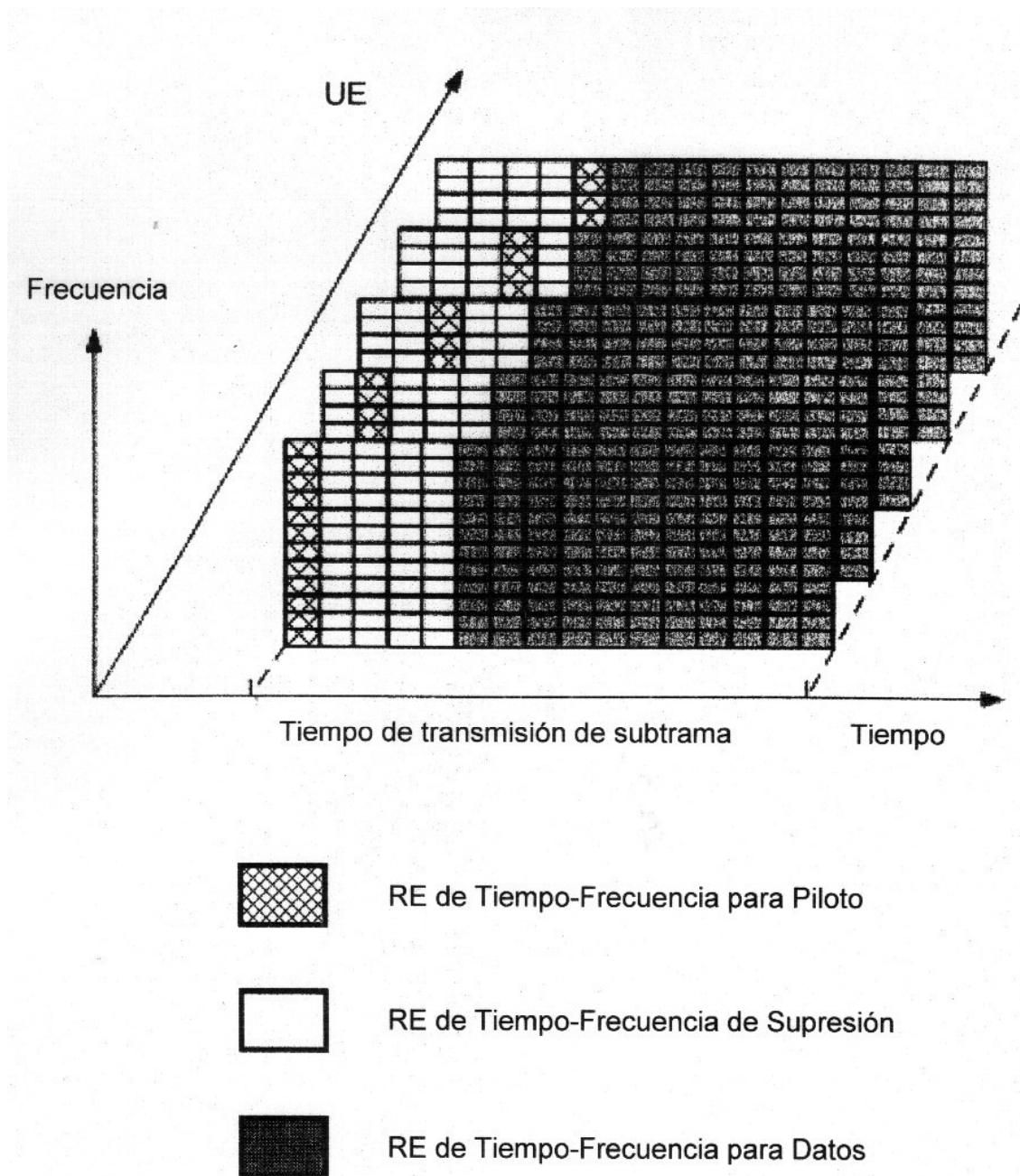


Fig. 1C (TÉCNICA ANTERIOR)

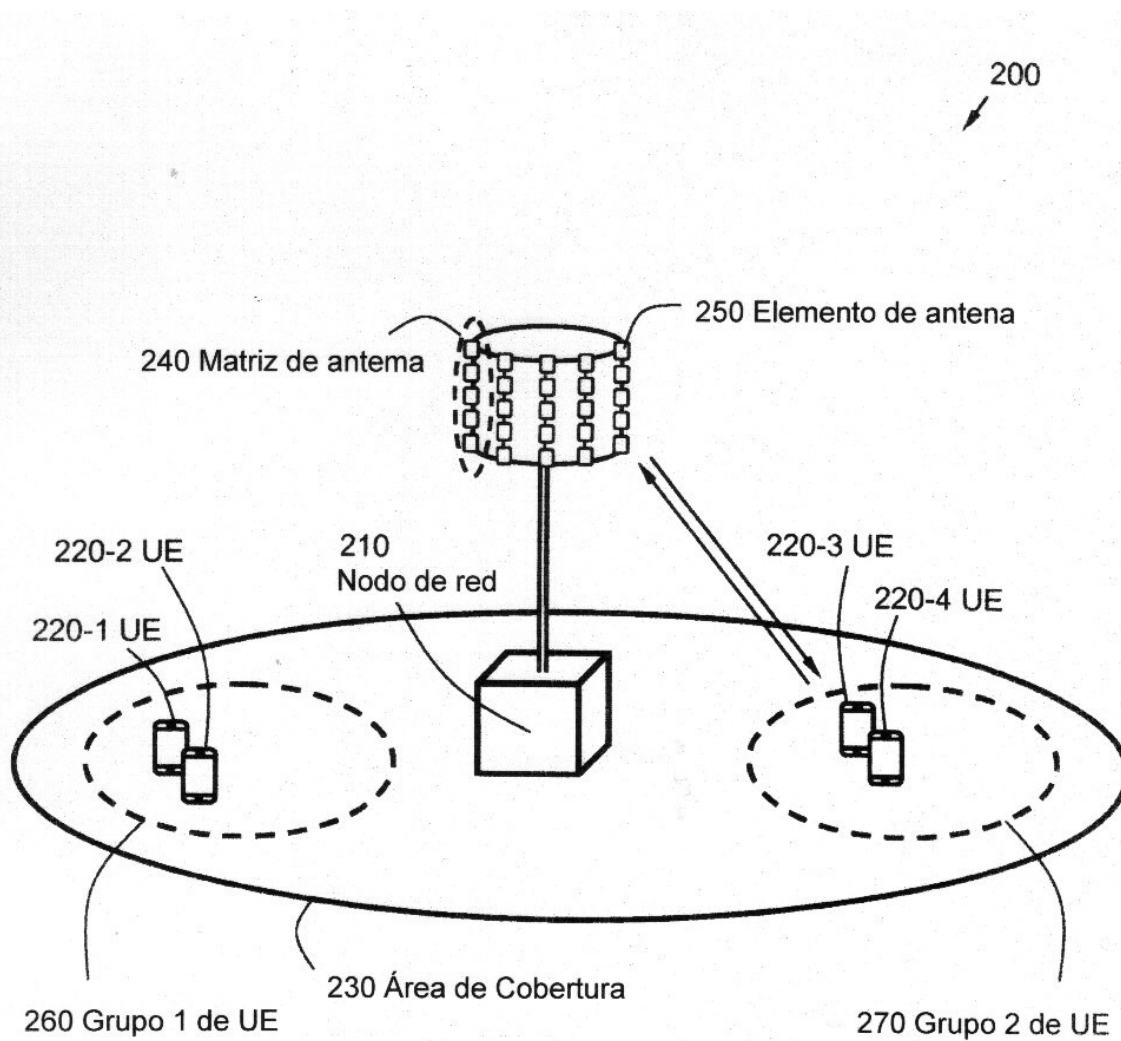


Fig. 2

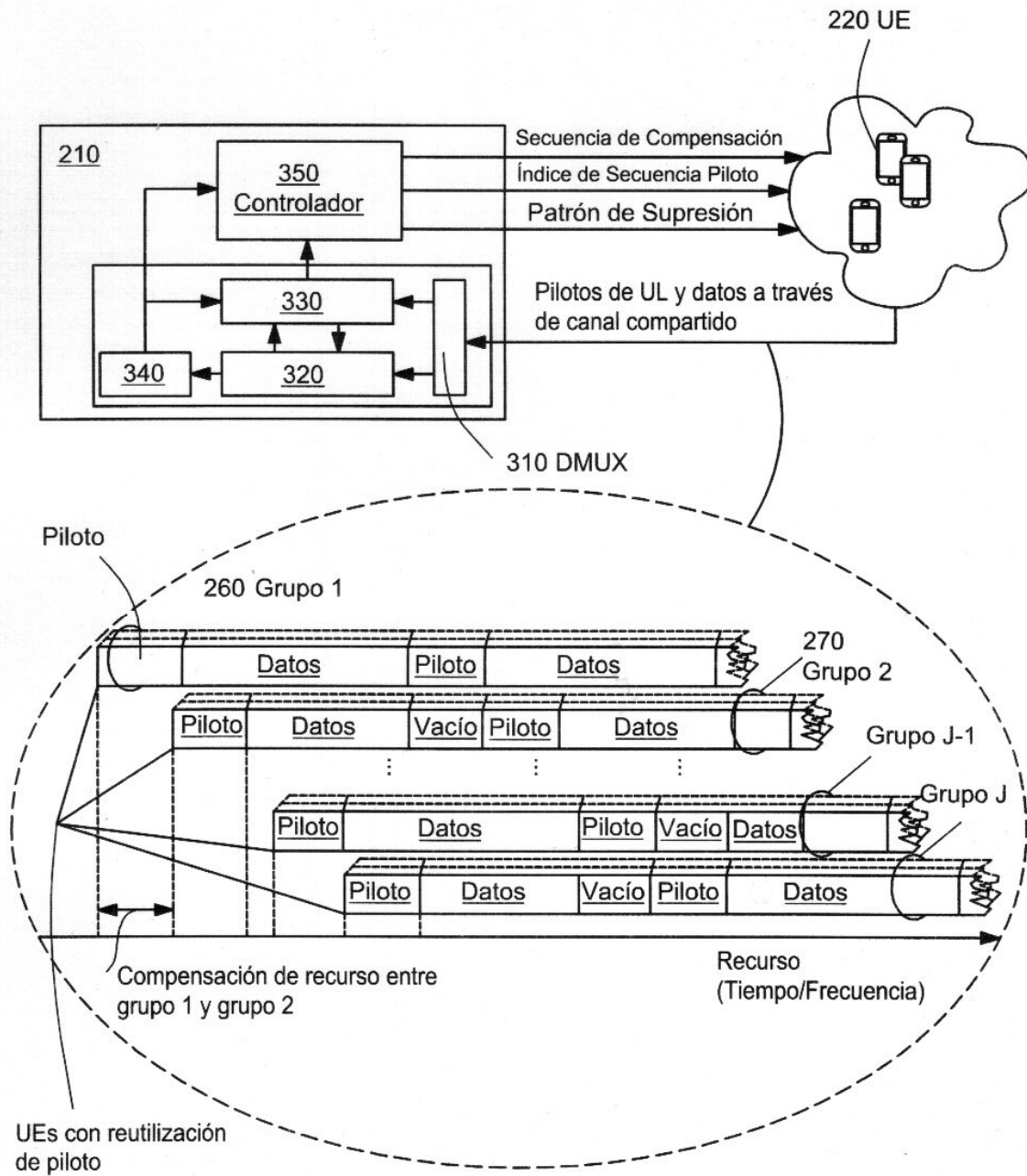


Fig. 3

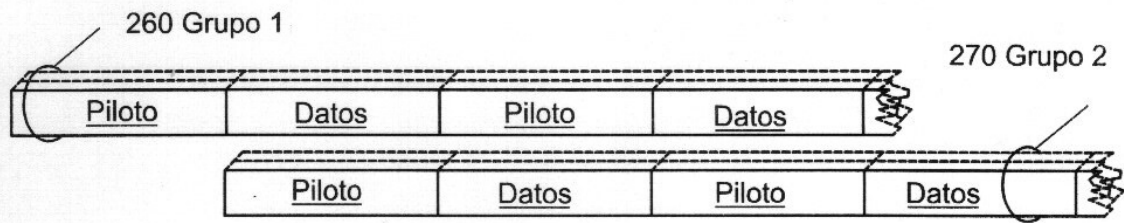


Fig. 4A

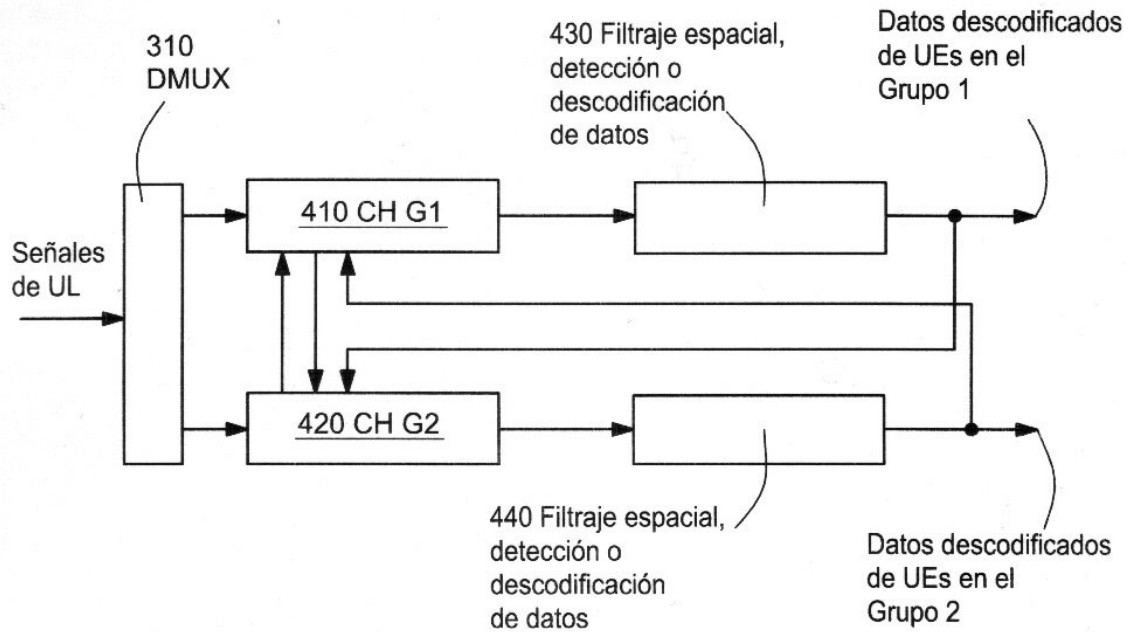


Fig. 4B

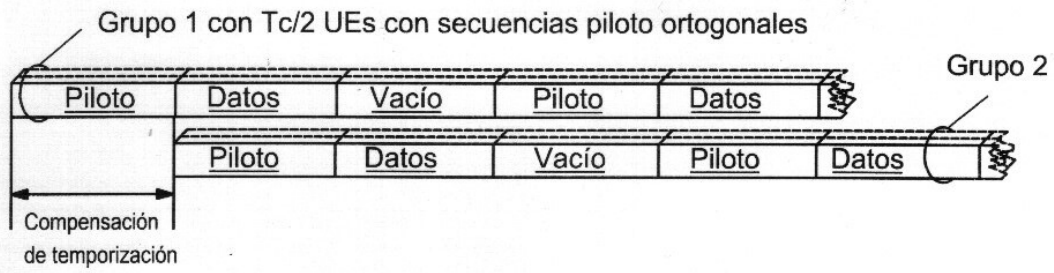


Fig. 5

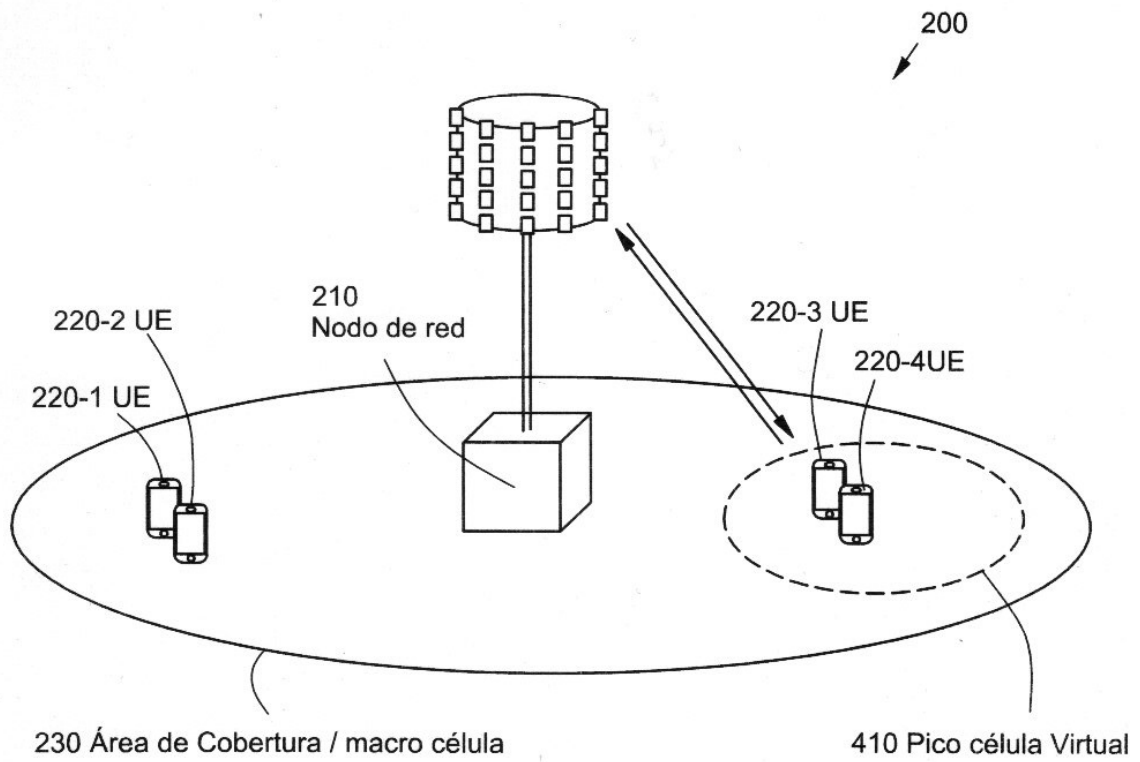


Fig. 6A

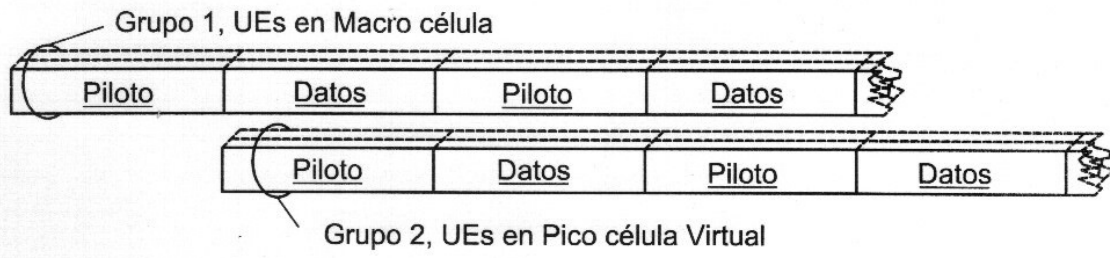


Fig. 6B

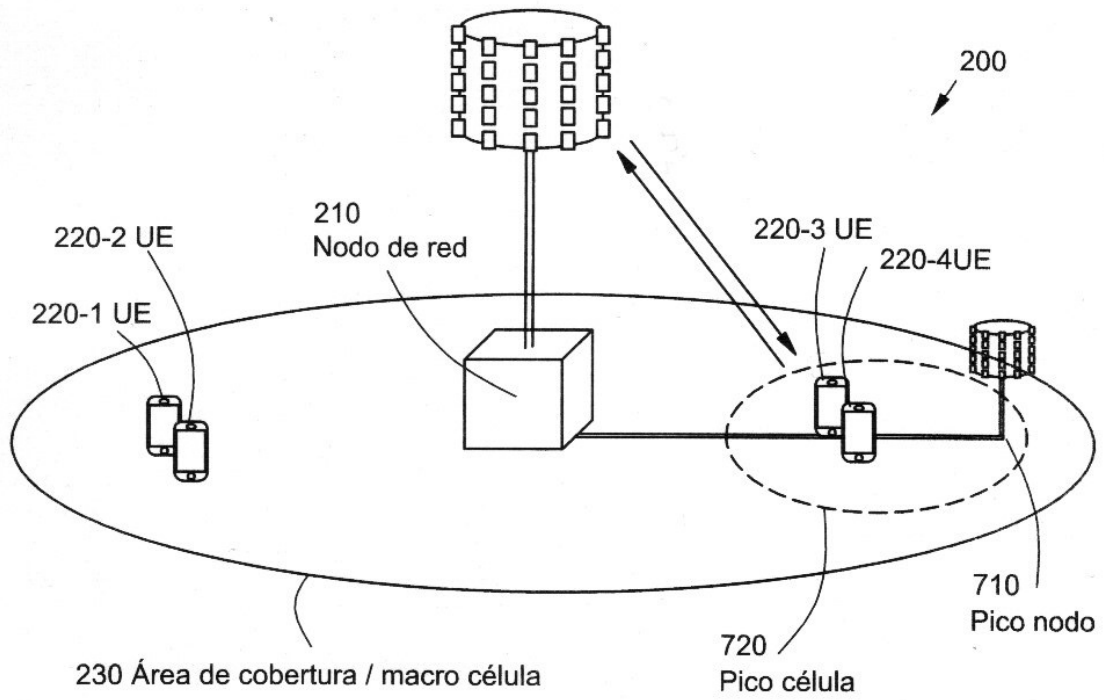


Fig. 7

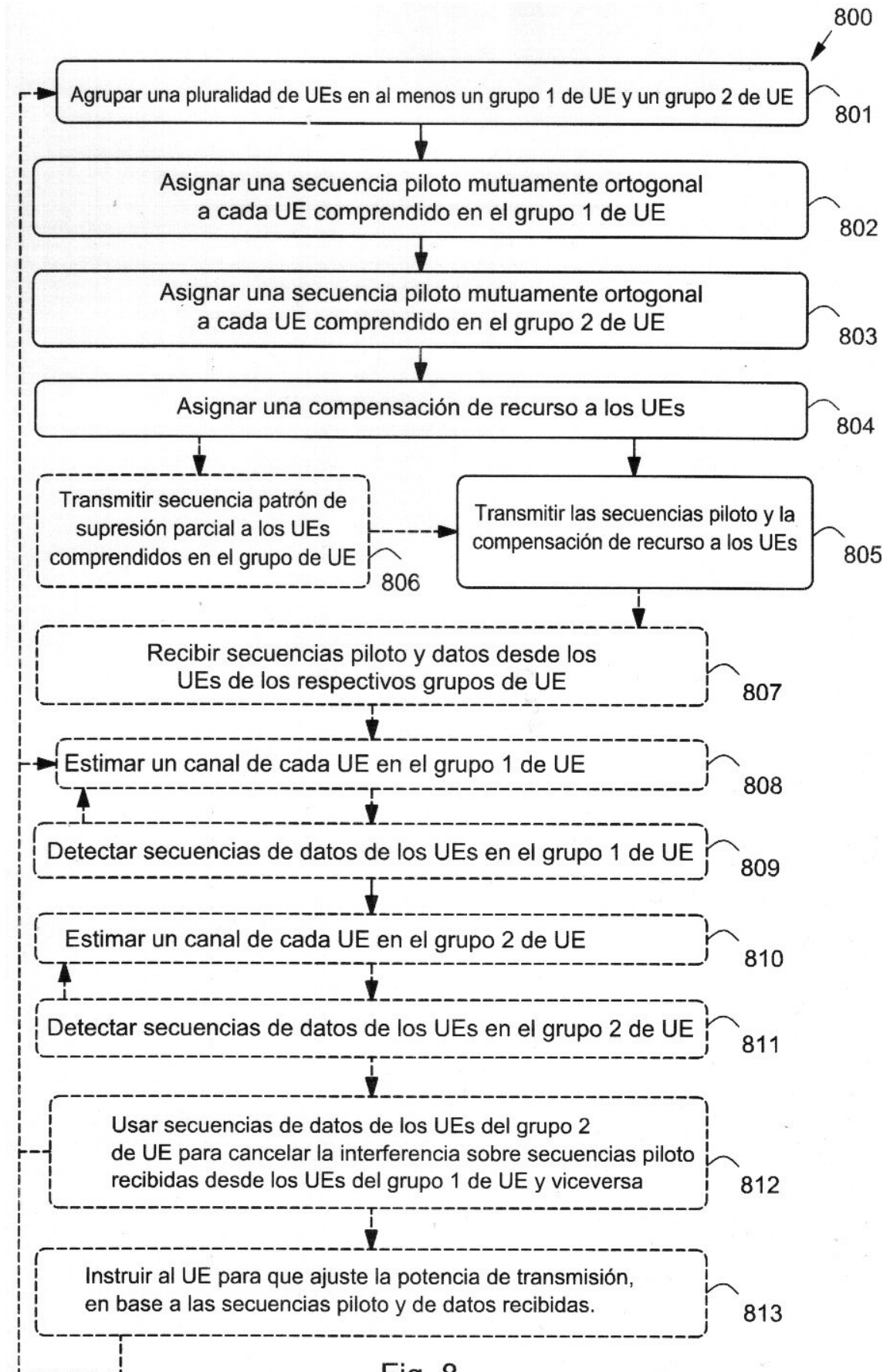


Fig. 8

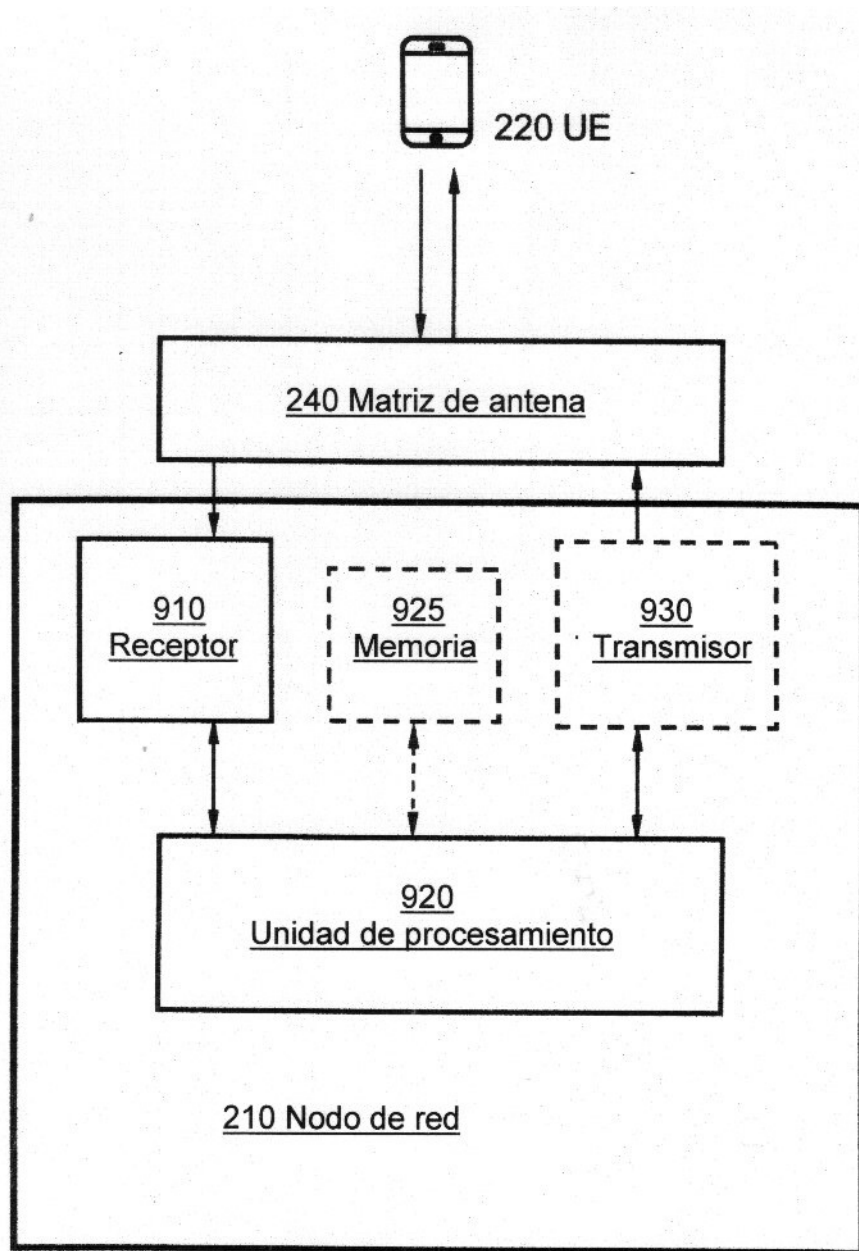


Fig. 9

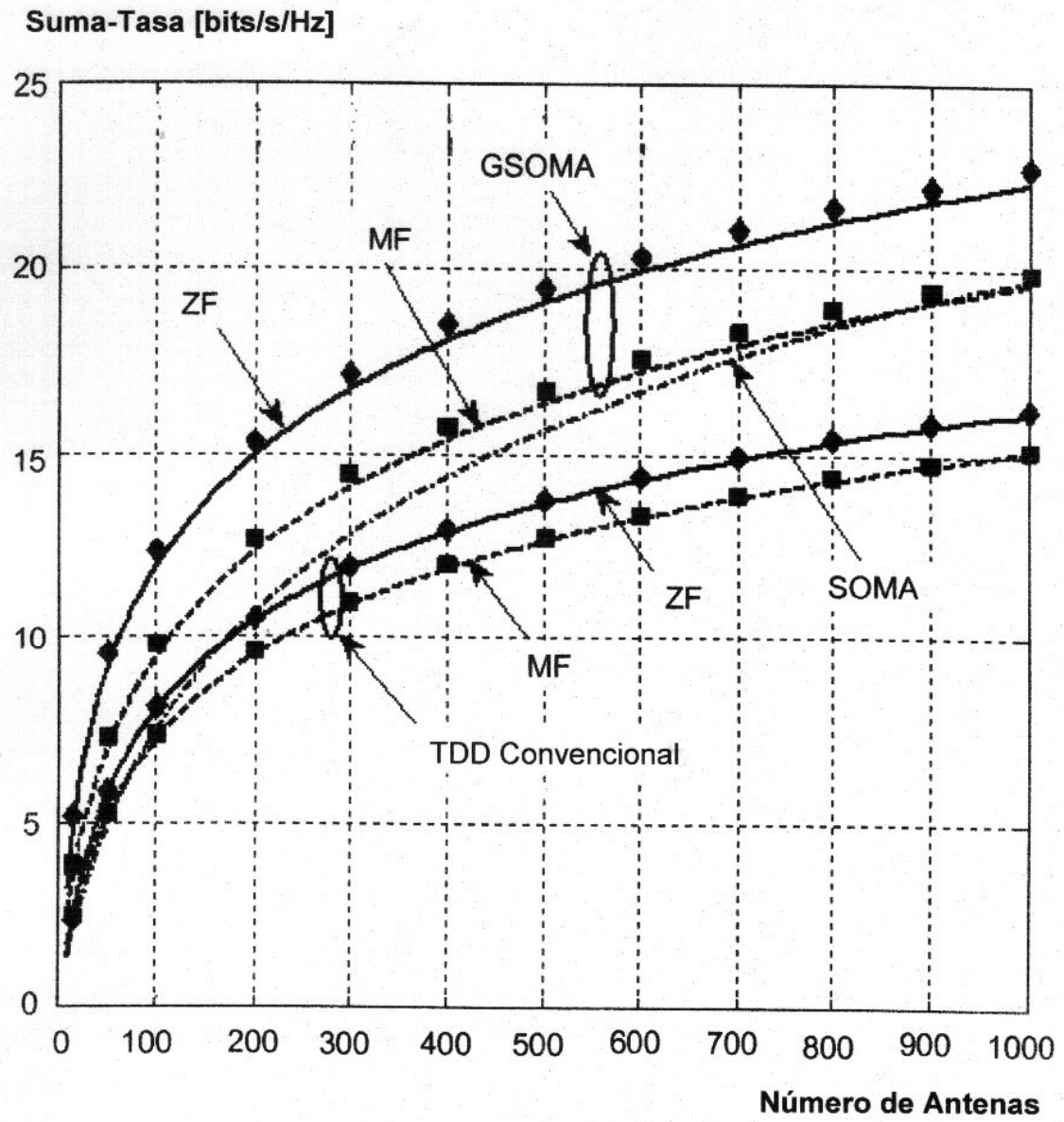


Fig. 10