

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 309**

51 Int. Cl.:

**H04W 72/12** (2009.01)

**H04B 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2009** **E 09174412 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 2317809**

54 Título: **Planificación de las transmisiones de enlace ascendente de un sistema de comunicación inalámbrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.11.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ROSENQVIST, ANDERS;  
LINDOFF, BENGT y  
REIAL, ANDRES**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 429 309 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

Planificación de las transmisiones de enlace ascendente de un sistema de comunicación inalámbrico

## 5 Campo Técnico

La presente invención se refiere en general al campo de la planificación de las transmisiones de enlace ascendente en un sistema de comunicación inalámbrico. Más particularmente, se refiere a la planificación de una pluralidad de terminales en un número de grupos, donde los terminales de cada grupo están previstos para transmisión de enlace ascendente simultánea.

10

## Antecedentes

15

En el enlace ascendente (UL – Up-Link, en inglés) de un sistema de comunicación inalámbrico, un número de terminales móviles (MT – Mobile Terminals, en inglés) pueden estar activos (es decir, transmitiendo) al mismo tiempo. Como ejemplo, una celda de HSPA (Acceso de Paquetes de Alta Velocidad - High Speed Packet Access, en inglés) puede soportar aproximadamente 200 usuarios de VoIP (Voz sobre Protocolo de Internet – Voice over Internet Protocol, en inglés) simultáneos. Cuando las transmisiones desde estos terminales llegan a la estación o estaciones de base, las señales recibidas a menudo se interfieren entre sí. Debido a la interferencia entre señales de diferentes terminales, puede resultar difícil (o incluso imposible) separar las señales que pertenecen a diferentes terminales en una sola estación de base. Otro obstáculo relacionado con esto es que la potencia de una señal de un terminal particular puede ser débil y/o variar rápidamente con el tiempo.

20

25

Una manera posible de, al menos hasta un cierto punto, mitigar estos problemas es emplear múltiples antenas de recepción en la estación de base. Los receptores de múltiples antenas hacen posible el uso de la supresión de interferencia y/o la cancelación de interferencia (IC – Interference Cancellation, en inglés). Los receptores de múltiples antenas también proporcionan una ganancia de diversidad que puede ser utilizada para mitigar el desvanecimiento. Las soluciones de múltiples antenas para un sistema de comunicación inalámbrico tradicionalmente utilizan dos o más antenas situadas en la misma instalación de estación de base, limitando así la separación geográfica de las antenas.

30

35

Otra extensión de los principios utilizados en las soluciones de múltiples antenas es recoger las señales recibidas de UL de dos o más estaciones de base. Una ventaja con tal planteamiento es que se consigue una mayor separación geográfica de los puntos de recepción. Una recogida de señales en este contexto puede implicar típicamente recoger las señales de banda de base de diferentes estaciones de base y utilizarlas para el procesamiento de señal coordinado en una unidad de procesamiento común a las estaciones de base implicadas. Una aplicación de ejemplo de este planteamiento es el Multi-Punto Coordinado (CoMP – Coordinated Multi-Point, en inglés) evaluado para la Evolución a Largo Plazo Estándar para Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS LTE – Universal Mobile Telecommunication Estándar Long Term Evolution, en inglés).

40

45

Cuando se utiliza tal planteamiento será posible recibir señales de diferentes terminales y separar las respectivas señales unas de otras con una mejor confianza media. Esto es, al menos parcialmente, debido a esa supresión de interferencia, cancelación de interferencia y/o a otros algoritmos de procesamiento usados para utilizar información conjunta adicional que esté disponible acerca de las señales enviadas desde los diferentes terminales. Por ejemplo, están disponibles más grados de libertad para los algoritmos de supresión de interferencia y/o de cancelación de interferencia. Además, la robustez frente al desvanecimiento puede mejorar más utilizando esas diferentes versiones (que tienen típicamente diferentes combinaciones de rutas de señal y por ello existen diferentes patrones de desvanecimiento) de la misma señal transmitida.

50

55

Utilizando señales de varias estaciones de base en el procesamiento coordinado (por ejemplo, CoMP), los algoritmos de cancelación/supresión de interferencia avanzados y/u otro procesamiento de señal coordinado pueden requerir recursos de procesamiento de señal significativos. Esto es particularmente cierto si el procesamiento implica la separación de señales de un gran número de terminales, donde al menos algunas de las señales individuales de diferentes terminales están fuertemente acopladas debido a que sus canales de propagación tienen similares características desde el punto de vista de las estaciones de base receptoras. Las señales que están fuertemente acopladas de esta manera son típicamente más difíciles de separar mediante procesamiento de señal.

60

Los terminales pueden ser separados de manera efectiva en el procesamiento de señal coordinado mediante el uso de estructuras de receptor no lineal (por ejemplo, basadas en SIC – Cancelación de Interferencia Sucesiva (Successive Interference Cancellation, en inglés) - o PIC –Cancelación de Interferencia en Paralelo (Parallel Interference Cancellation, en inglés). Alternativamente, los métodos de supresión de interferencia lineal pueden ser aplicados (por ejemplo receptores basados en RAKE modificado tales como GRAKEX+, donde X se refiere al número de RX – receptor – antenas por instalación). Utilizar algoritmos lineales típicamente no conduce a una supresión de interferencia tan eficiente como los algoritmos no lineales. No obstante, los algoritmos lineales son típicamente menos complejos. Además, puede resultar beneficioso emplear algoritmos lineales puesto que pueden

ser ya implementables en el hardware existente, por ejemplo en las estaciones de base, mientras que emplear algoritmos no lineales puede requerir una actualización del hardware.

5 Las estrategias tradicionales para la planificación de transmisiones de UL desde los terminales se centran en minimizar la SIR (Relación de Señal a Interferencia – Signal to Interference Ratio, en inglés) de un solo usuario. Así, la potencial interferencia de otros terminales no se tiene en cuenta, lo que produce un rendimiento notablemente degradado cuando hay múltiples terminales, debido a una gran interferencia inter-terminales residual en las estaciones de base y/o en la unidad para el procesamiento coordinado (por ejemplo, CoMP). Esta pérdida de rendimiento es particularmente notable cuando se emplean receptores de supresión de interferencia lineales, porque su capacidad de supresión de interferencia es peor que la de los receptores de algoritmo no lineal.

10 Así, se han desarrollado planteamientos de planificación alternativos para mejorar la separación de los terminales y así el rendimiento global, como se describe por ejemplo en el documento US 2009/0082028.

15 Por ejemplo, las señales recibidas desde múltiples terminales pueden ser tratadas como señales de MU-MIMO (múltiple entrada múltiple salida de múltiples usuarios) en las estaciones de base y/o en la unidad para el procesamiento coordinado (por ejemplo CoMP), por lo que los planteamientos de planificación de MU-MIMO existentes pueden ser aplicados con la intención de maximizar la ortogonalidad espacial entre los terminales que transmiten simultáneamente.

20 En otro planteamiento de planificación de ejemplo, pueden evaluarse varias hipótesis en las que los terminales se dividen en un número de grupos de diferentes maneras para cada hipótesis. Los terminales de un grupo están previstos para transmisión simultánea. La evaluación puede comprender el cálculo de SIR o la tasa de datos alcanzable para cada terminal e hipótesis, y teniendo la hipótesis grupos con una SIR acumulada máxima o puede utilizarse una tasa acumulada máxima para la planificación.

25 Los planteamientos de planificación que están orientados a MU-MIMO son relativamente simples. No obstante, el número de terminales que están transmitiendo simultáneamente está limitado porque no puede exceder el número de antenas de RX en la estación de base (o el número total de antenas de RX en un procesamiento coordinado (por ejemplo celda de CoMP)). Tal limitación hace al planteamiento inadecuado para su uso cuando debe diseñarse una celda de procesamiento coordinado para manejar decenas (o cientos) de terminales activos.

30 En principio, los métodos basados en hipótesis permiten el manejo de un número ilimitado de terminales. No obstante, la complejidad del cálculo asociado crece rápidamente a medida que el número de terminales aumenta. Considérese, por ejemplo, un conjunto de tamaño moderado de  $N=60$  terminales y supóngase que los terminales deben dividirse en  $K=3$  grupos de  $L=20$  terminales cada uno. Un análisis de complejidad completo para este ejemplo realista necesitaría evaluar la SIR o la tasa de datos para todos los posibles grupos de 20 terminales ( $60! / (20!40!) \approx 4,2 \cdot 10^{15}$  grupos) y elegir los 3 grupos disjuntos que tienen el mejor rendimiento de acuerdo con la evaluación. Esto es claramente no preferible y posiblemente no factible.

35 Pueden aplicarse algoritmos que consumen mucho, que no evalúan todas las hipótesis, para mitigar el extremo crecimiento de la complejidad. En tales algoritmos los grupos pueden ser sucesivamente incrementados en un terminal cada vez. Los terminales son procesados de uno en uno, evaluando la hipótesis de añadir el terminal particular a cada uno de los grupos, y el terminal es finalmente añadido al grupo en el que la SIR resultante o la tasa de datos alcanzable están optimizados dada la hipótesis para ese terminal particular. Así, la correspondiente medida de rendimiento acumulado se incrementa cada vez que se añade un terminal. Tal planteamiento es menos complejo que una evaluación exhaustiva, pero no obstante, también adolece de una gran complejidad. Además, todos los terminales deben ser incluidos en un grupo, y la posibilidad de que algunos de los terminales procesados al final (o cerca del final del algoritmo) destruyan el rendimiento independientemente de en qué grupo se añada, no es despreciable.

40 Simplificaciones adicionales son posibles para reducir más el número de hipótesis. No obstante, incluso con un número bastante reducido de hipótesis, evaluar cada hipótesis requiere construir un modelo de interferencia específico para una hipótesis y calcular una correspondiente medida del rendimiento. Estas son operaciones que requieren significativos recursos de cálculo.

45 Por lo tanto, existe la necesidad de un planteamiento de planificación para planificar de manera efectiva terminales para la transmisión de UL dividiendo los terminales en un número de grupos. Preferiblemente, el planteamiento debería ser un algoritmo de baja complejidad capaz de manejar un número arbitrario de terminales y de conseguir un resultado cercano al óptimo (por ejemplo, en términos de interferencia inter-terminales de cada grupo).

60

Compendio

Debe hacerse hincapié que el término “comprende / que comprende) cuando se utiliza en esta memoria se toma para especificar la presencia de características, enteros, etapas o componentes establecidos, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, enteros, etapas, componentes o grupos de ellos.

5 Un objeto de la invención es proporcionar métodos productos de programa de ordenador, disposiciones (sistemas) y planificadores que dividan un número de terminales activos en un número de grupos y que obvien al menos algunas de las desventajas anteriores.

10 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, esto se consigue mediante un método de operar un planificador para planificar transmisiones de enlace ascendente de una primera pluralidad de terminales de un sistema de comunicación inalámbrico en una segunda pluralidad de grupos de acuerdo con la reivindicación 1.

15 En algunas realizaciones un tamaño de la segunda pluralidad puede basarse al menos en un máximo retardo entre las transmisiones de enlace ascendente de un terminal de la primera pluralidad de terminales y una longitud del respectivo periodo de tiempo (es decir, el tiempo de transmisión de cada oportunidad de transmisión para el terminal).

20 La métrica del subconjunto puede estar basada al menos en una dirección dominante de llegada de las transmisiones recibidas desde los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos. La métrica del subconjunto puede estar basada también en uno o más de: una prioridad de transmisiones, una potencia de transmisión, una tasa de codificación esperada, una calidad deseada de medida de servicio, y una medida de aceptación de retransmisión - relativas todas ellas al menos a uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos.

25 En algunas realizaciones, el tamaño del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos puede ser dos y la métrica del subconjunto puede ser una métrica de parejas. En tales realizaciones, cada uno de los terminales de la pareja puede tener un vector de estimación de canal correspondiente y la métrica de la pareja puede estar basada al menos en un producto interno normalizado de los vectores de estimación de canal correspondientes de los terminales de la pareja.

30 El tamaño de la cuarta pluralidad de subconjuntos puede ser igual al tamaño de la tercera pluralidad de subconjuntos.

35 Alternativamente, el tamaño de la cuarta pluralidad de subconjuntos puede ser igual a un número predeterminado menor que el tamaño de la tercera pluralidad de subconjuntos. En tales realizaciones, cada uno de los subconjuntos de la cuarta pluralidad de subconjuntos puede tener una métrica de subconjunto que indica una menor idoneidad de la transmisión simultánea que la métrica de subconjunto de cualquiera de los subconjuntos no comprendidos en la cuarta pluralidad.

40 En algunas realizaciones, el tamaño de la cuarta pluralidad de subconjuntos puede ser menor que el tamaño de la tercera pluralidad de subconjuntos, y la cuarta pluralidad de subconjuntos puede comprender todos los subconjuntos que tienen una métrica de subconjunto que se encuentra en un primer lado de un umbral de una medida de idoneidad de transmisión simultánea e indica una menor idoneidad de transmisión simultánea que la métricas de subconjunto que se encuentra en un segundo lado del umbral de medida de idoneidad de transmisión simultánea.

45 La etapa de planificación de cada terminal del subconjunto elegido en un grupo de la segunda pluralidad de grupos que no comprende otro terminal del subconjunto elegido puede comprender también determinar, para cada grupo de la segunda pluralidad de grupos que no comprenden otro terminal del subconjunto elegido, una métrica de grupo específica para un terminal que comprende una métrica de subconjunto que indica una idoneidad que es la menor de una transmisión simultánea entre subconjuntos quintos que comprenden el terminal del subconjunto elegido para ser planificado y los terminales ya planificados en el grupo, y planificar el terminal para ser planificado en un grupo que tiene una métrica de grupo específica para un terminal que indica una idoneidad que es la mayor de una transmisión simultánea entre las métricas de grupo específicas para un terminal determinadas de los grupos de la segunda pluralidad de grupos.

50 Un segundo aspecto de la invención es un producto de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 9.

60 Un tercer aspecto de la invención es un planificador adaptado para planificar transmisiones de enlace ascendente de una primera pluralidad de terminales de un sistema de comunicación inalámbrico en una segunda pluralidad de grupos de acuerdo con la reivindicación 10.

Un cuarto aspecto de la invención es una disposición de acuerdo con la reivindicación 14.

En algunas realizaciones, los aspectos tercero y cuarto de la invención pueden adicionalmente tener características idénticas a, o correspondientes a, cualquiera de las diferentes características tal como se han explicado anteriormente para el primer aspecto de la invención.

5 Una ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se proporciona un algoritmo de baja complejidad.

Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se consigue un resultado cercano al óptimo en lo que respecta a la interferencia inter-terminal.

10 Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se proporciona una manera fácil de determinar en qué orden van a ser procesados los terminales.

15 Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se proporcionan maneras sencillas de determinar cuántos y qué terminales necesitan ser evaluados antes de que sean planificados. En consecuencia, se proporcionan maneras de determinar cuántos y cuáles de los terminales pueden ser planificados utilizando un algoritmo incluso menos complejo (por ejemplo, planificación arbitraria o planificación basada en un escenario de un único usuario).

20 Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se asegura la separación de al menos los terminales que son menos adecuados para transmitir de manera simultánea.

Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se permite un procesamiento de señal coordinado eficiente incluso si los recursos de cálculo (hardware y/o software) son limitados.

25 Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se facilita la migración en los sistemas existentes a un procesamiento de señal coordinado.

30 Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que pueden ser aplicadas tanto a soluciones de procesamiento de señal coordinado como a soluciones de una sola estación de base.

35 Otra ventaja de algunas realizaciones de la invención es que se proporcionan diferentes métricas para indicar cómo es de adecuado el permitir la transmisión de dos o más terminales particulares. Las métricas pueden estar basadas en consideraciones de las características espaciales de las señales recibidas de los terminales particulares (por ejemplo, cómo son de similares las direcciones de las llegadas).

#### Breve Descripción de los Dibujos

Otros objetos, características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones de la invención, haciéndose referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

40 la Fig. 1A es un dibujo esquemático que ilustra un número de terminales móviles conectados, mediante enlaces de radio, a una pluralidad de instalaciones de estación de base que están asociadas con una unidad de planificación;

45 la Fig. 1B es un dibujo esquemático que ilustra una situación similar a la de la Figura 1A, donde la unidad de planificación puede comprender una disposición de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la Fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas del método de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la Fig. 3 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas del método de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

50 la Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas del método de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

la Fig. 5 es un dibujo esquemático que ilustra un sistema que comprende una disposición de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención;

55 la Fig. 6 es un dibujo esquemático que ilustra una instalación de estación de base que comprende una disposición de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención; y

la Fig. 7 es un dibujo esquemático que ilustra una unidad de procesamiento y un medio legible por ordenador de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

#### Descripción Detallada

60 Existe una necesidad de un planteamiento más eficiente que los descritos anteriormente, sin requerir el cálculo de elaboradas características conjuntas sobre los subconjuntos, con el fin de gestionar un gran número de usuarios simultáneos.

En lo que sigue, se describirán realizaciones de la invención donde se emplea un nuevo planteamiento para el agrupamiento de terminales. Un objeto para describir algunas de las realizaciones que siguen es encontrar un

agrupamiento de terminales en el que (si los terminales de cada grupo transmiten de manera simultánea, y los terminales de un grupo diferente no transmiten simultáneamente) la interferencia inter-terminal se minimice. Puesto que encontrar una solución óptima puede ser muy complejo (por ejemplo creciendo rápidamente con el número de terminales para ser agrupados) las realizaciones de la invención presentan soluciones por debajo del óptimo (por ejemplo, interferencia inter-terminales menor, cercana al mínimo), soluciones de baja complejidad que aun así son robustas y se comportan bien.

La Figura 1A ilustra una situación en la que cinco terminales 104, 105, 106, 107, 108 transmiten en el enlace ascendente (transmisiones representadas por flechas en la Figura 1A) a dos sitios de estación de base 101, 102. Los sitios de estación de base 101, 102 están los dos conectados a un combinador y/o planificador 103 común, donde las comunicaciones entre los terminales y las estaciones de base están coordinadas. Como puede verse claramente en la figura, puede resultar difícil para cada una de las estaciones de base y/o para el combinador común separar la señalización de enlace ascendente simultánea de los terminales 104 y 105, puesto que, en las dos estaciones de base, las señales de estos terminales llegan desde una dirección especial similar. Por razones similares, puede resultar difícil separar la señalización de enlace ascendente simultánea de los terminales 106 y 108, y la señalización de enlace ascendente simultánea de los terminales 107 y 108.

La Figura 1B ilustra una situación similar a la de la Figura 1A. No obstante, en la Figura 1B las transmisiones de enlace ascendente de los cinco terminales 104, 105, 106, 107, 108 han sido separadas en el tiempo, de manera que los terminales 104 y 108 transmiten simultáneamente durante un primer periodo de tiempo (ilustrado mediante flechas de trazos) y los terminales 105, 106 y 107 transmiten simultáneamente durante un segundo periodo de tiempo (ilustrado mediante flechas discontinuas). Típicamente, el segundo periodo de tiempo es disjunto del primer periodo de tiempo. Así, la Figura 1B ilustra un agrupamiento de terminales que es adecuado para su uso cuando se planifican las transmisiones de enlace ascendente en los terminales del mismo grupo y relativamente fácilmente separados por un receptor.

Para llevar a cabo el agrupamiento puede resultar beneficioso tener algún tipo de medida que indique qué terminales son más o menos adecuados para transmitir simultáneamente con otros terminales. Con ese fin, puede tabularse una métrica para cada pareja (o subconjunto mayor) de terminales (teniendo en cuenta por ejemplo su mutuo impacto de interferencia). La clasificación de los terminales en grupos puede entonces ser llevada a cabo procesando los subconjuntos secuencialmente, utilizando el criterio de que debe evitarse la asignación de terminales con una interferencia mutua significativa en el mismo subconjunto.

Tras el agrupamiento, los terminales del mismo grupo pueden transmitir sus señales simultáneamente. Utilizar este planteamiento facilita la separación de las señales de los terminales en una unidad de procesamiento de supresión / cancelación de interferencia (de una sola celda o CoMP), y puede ser particularmente útil en situaciones con una limitada capacidad de hardware. No obstante, incluso para la situación en la que no hay ninguna limitación de hardware severa (por ejemplo, en una unidad de CoMP de complejidad completa), el rendimiento puede mejorar y/o la complejidad (por ejemplo el número de iteraciones de SIC / PIC requeridas) puede ser reducido utilizando realizaciones de la invención.

Merece la pena observar que aunque se proporcionan muchos ejemplos en relación con CoMP, las realizaciones de la invención pueden ser igualmente aplicables para otros sistemas en las que las señales para varios sitios de estación de base son combinadas, y/o en un contexto de una sola estación de base o de una sola celda, donde el receptor de enlace ascendente emplea múltiples antenas.

Debe observarse que pueden tenerse en cuenta también otros parámetros distintos de la interferencia inter-terminales en el agrupamiento de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Por ejemplo, puede proporcionarse diferente prioridad a diferentes terminales (o diferentes tipos de comunicación).

Al contrario de otros planteamientos por debajo del óptimo para el problema de agrupamiento de terminales, que pueden utilizar el principio del agrupamiento de terminales que son particularmente adecuados para transmitir simultáneamente, algunas realizaciones de la invención emplean el principio de intentar separar terminales que son particularmente inadecuados para transmitir simultáneamente en diferentes grupos. En un algoritmo que consuma muchos recursos, resulta un problema el que el orden en el cual se prueban las hipótesis no esté bien estructurado. Esto resulta en el problema mencionado anteriormente, de que un terminal que va a ser añadido a un grupo cerca del fin del proceso de agrupamiento puede no encajar en ninguno de los grupos y destruye así todo el agrupamiento. Habría resultado más beneficioso empezar con tales terminales, pero no se llega a esta conclusión hasta que es muy tarde en el proceso de agrupamiento. Así, una gran cantidad de cálculos y otro procesamiento son en vano cuando se utilizan estos planteamientos.

Además, no hay límite superior para el número de terminales que pueden ser alojados en cada grupo en realizaciones de la invención. Esto es contrario a algunos de los planteamientos de agrupamiento que se han

descrito anteriormente, donde el número de usuarios de un grupo está limitado por el número de antenas receptoras en un sitio de estación de base y/o el número de sitios implicados en un proceso de combinación.

5 Así, las realizaciones de la invención proporcionan un planteamiento en el que muchos terminales pueden ser alojados en cada grupo, aun manteniendo baja la complejidad del proceso de agrupamiento. Merece la pena observar también que el planteamiento proporciona un rendimiento y una robustez altos. El rendimiento puede, por ejemplo, ser medido como cómo de similar es el agrupamiento al agrupamiento óptimo. Otro ejemplo de medida del rendimiento puede ser cómo de bien se comporta el agrupamiento en términos, por ejemplo, de caudal de datos en comparación con el agrupamiento óptimo. La robustez puede, por ejemplo, indicar que el planteamiento no es sensible a pequeñas variaciones por ejemplo en la dirección de una señal entrante, potencia de la señal, etc.

10 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención se establece un tamaño de subconjunto, y se calcula una métrica para cada subconjunto posible de ese tamaño particular, donde los subconjuntos se toman de una pluralidad de terminales bajo consideración para la transmisión de enlace ascendente. En algunas realizaciones no se consideran todos los posibles subconjuntos, sino sólo los asociados con señales entrantes de aproximadamente la misma dirección.

15 Típicamente, el tamaño del subconjunto puede ser dos (considerando de este modo todas las posibles parejas de terminales), o igual al número de grupos disponibles para planificación, o cualquier número entre ellos. Típicamente, la complejidad de cálculo crece con el tamaño del subconjunto.

20 Como resultará evidente por los ejemplos descritos junto con las realizaciones de la invención, la métrica para cada subconjunto puede ser calculada de numerosas maneras diferentes. Por ejemplo, la métrica puede basarse en señales recibidas desde los respectivos terminales bajo consideración. La métrica puede ser indicativa de un nivel de interferencia que los terminales del subconjunto exponen entre sí. En algunas realizaciones, el nivel de interferencia que los terminales del subconjunto exponen entre sí es meramente uno de los parámetros tenidos en cuenta cuando se calcula la métrica. Otros parámetros que considerar en el cálculo de la métrica pueden incluir prioridades dadas para ciertos terminales o ciertos tipos de transmisiones (por ejemplo a un dispositivo de comunicación de alguna autoridad pública tal como la policía y/o llamadas de emergencia puede dársele una mayor prioridad), niveles de potencia de transmisión de los terminales (por ejemplo potencia de transmisión garantizada), tasas de codificación esperadas, calidad de servicio deseada y/o si el servicio actual de un terminal es robusto o no con respecto a las retransmisiones (por ejemplo en aplicaciones de tiempo real, tales como juegos que impliquen a varios participantes, puede no ser aceptables las retransmisiones debido a los requisitos de tiempo de respuesta, que pueden ser reflejados en la métrica para aumentar la probabilidad de agrupamiento de este terminal en un grupo con baja interferencia hacia el terminal).

25 En algunas realizaciones, el número de grupos disponibles para la planificación de los terminales es limitado. Por ejemplo, cuando se consideran aplicaciones de tiempo real (por ejemplo VoIP – Voz sobre Protocolo de Internet – Voice over Internet Protocol, en inglés), a menudo hay un retardo máximo estipulado entre unidades de datos transmitidas (paquetes, tramas o similar) en el enlace ascendente. Tales estipulaciones, junto con la duración de cada unidad de datos, se refieren directamente a una limitación en el número de grupos que es posible utilizar.

30 En otras realizaciones (por ejemplo situaciones de tiempo no real) no hay limitaciones en el número de grupos y puede considerarse un compromiso entre la baja interferencia (muchos grupos) y el alto caudal por terminal (pocos grupos).

35 El número de terminales planificados para un grupo puede ser el mismo o similar para cada uno de los grupos. Alternativamente, el número de terminales por grupo puede variar. Por ejemplo, un terminal con una prioridad de comunicación extremadamente alta puede ser planificado en su propio grupo.

40 El número de terminales que pueden ser planificados para cada grupo (y así el número de terminales que pueden ser incluidos en una celda) puede estar limitado en algunas realizaciones. Por ejemplo, el número de antenas receptoras y/o el número de sitios de estación de base implicados puede imponer limitaciones en el número de terminales de cada grupo, así como las capacidades de manejo de interferencia de la cadena de procesamiento (por ejemplo PIC, SIC, GRAKE, etc.).

45 Cuando las métricas han sido calculadas, algunas realizaciones proporcionan una opción en lo que respecta a cuántos y qué subconjuntos procesar de acuerdo con al planteamiento de separar terminales que son particularmente inadecuados para transmitir simultáneamente en diferentes grupos. En algunas realizaciones, todos los subconjuntos son procesados de acuerdo con este planteamiento. En algunas realizaciones sólo algunos de los subconjuntos son procesados de acuerdo con este planteamiento.

50 En el último caso, los subconjuntos para ser procesados de acuerdo con este planteamiento pueden ser elegidos como un número particular de subconjuntos, y los subconjuntos que tienen las peores métricas (es decir, que son

5 menos adecuados para transmisión simultánea) pueden ser elegidos para su procesamiento. El número particular puede, por ejemplo, ser determinado teniendo en cuenta la capacidad de procesamiento. El número particular puede ser un número predeterminado o puede ser cambiado dinámicamente. Por ejemplo, puede haber un mecanismo dinámico para asegurar que todos los subconjuntos potencialmente problemáticos son manejados explícitamente (esto se elabora en el siguiente párrafo). Alternativa o adicionalmente, puede haber un mecanismo dinámico para el número particular en relación con los recursos de procesamiento actualmente disponibles (por ejemplo, puede haber más recursos de DSP disponibles para su uso en el proceso de planificación si los canales con menor dispersión son manejados y/o si se emplean pocos dedos de RAKE que pueden estar en otros escenarios). Una ventaja con la utilización de un número predeterminado es que la carga de cálculo puede ser mantenida constante y es conocida de antemano, mientras que la selección dinámica puede permitir un uso más eficiente de los recursos disponibles totalmente y/o puede ser capaz de proporcionar una garantía de algún nivel de rendimiento mínimo.

10 En algunas realizaciones, los subconjuntos para ser procesados de acuerdo con este planteamiento pueden ser elegidos como los subconjuntos que tienen una métrica que se encuentra en un lado particular de un umbral de la métrica (es decir, que tienen una métrica que indica de menor idoneidad para la transmisión simultánea que las métricas del otro lado del umbral. Así, el número de subconjuntos procesados puede variar en estas realizaciones. El umbral de métrica puede ser un umbral predeterminado o puede ser cambiado dinámicamente en relación, por ejemplo, con el factor de geometría o del punto de operación de SIR de objetivo (los escenarios de SIR más alta son más sensibles a una interferencia de múltiples usuarios).

15 En las realizaciones en las que sólo algunos de los subconjuntos son procesados de acuerdo con el planteamiento de separar terminales que son particularmente inadecuados para transmitir simultáneamente en diferentes grupos, los subconjuntos restantes son procesados utilizando cualquier otro algoritmo, preferiblemente uno incluso menos complejo. Por ejemplo, los terminales que no han sido asignados todavía a un grupo pueden ser asignados aleatoriamente a los grupos (posiblemente aun manteniendo el número de terminales en diferentes grupos en o por debajo de un valor particular). Los terminales que no han sido asignados todavía pueden alternativamente ser asignados utilizando un algoritmo de mucho consumo de recursos tal como el descrito anteriormente o algún otro método conocido o futuro.

20 Los subconjuntos para ser procesados de acuerdo con el planteamiento de separar los terminales que son particularmente inadecuados para transmitir simultáneamente en diferentes grupos, son típicamente procesados en orden de métrica - empezando con el subconjunto que tiene una métrica que indica una menor idoneidad para la transmisión simultánea. Los subconjuntos para ser procesados pueden ser clasificados en orden de métrica y salvados en una lista o estructura de datos similar para facilitar el resto del procesamiento. Esto es, no obstante, opcional y el algoritmo puede también buscar la peor métrica no procesada todavía cada vez que un nuevo subconjunto va a ser procesado.

25 Merece la pena observar también que una lista clasificada puede resultar útil en el proceso de determinación cuando sólo se eligen algunos de los subconjuntos, como se ha explicado anteriormente.

30 Cuando se procesan los subconjuntos en orden de métrica, cada uno de los terminales de cada subconjunto es asignado a un respectivo grupo, siempre que el terminal no esté ya asignado a un grupo. La asignación se dirige a la clasificación de terminales de un subconjunto en diferentes grupos. Esto puede, por ejemplo, lograrse simplemente asignando cada terminal (no asignado ya) a un grupo en el que no reside ningún otro terminal del grupo. Esto es siempre posible si el tamaño del subconjunto es menor o igual al número de grupos. Otra manera de clasificar los terminales de un subconjunto en diferentes grupos también tiene en cuenta cuál de los posibles grupos se adapta mejor para el terminal bajo consideración como se mostrará a modo de ejemplo más tarde.

35 Cuando todos los terminales han sido clasificados en un grupo, los terminales son informados de su respectiva asignación. Por ejemplo, a cada terminal puede enviársele una indicación de cuándo se espera que transmita en el enlace ascendente.

40 Pueden utilizarse también criterios adicionales en el proceso de agrupamiento (por ejemplo cuando se selecciona el número de grupos, determinando las métricas y/o llevando a cabo el agrupamiento real). Por ejemplo, la carga de cálculo asociada o el consumo de potencia en una unidad de procesamiento de CoMP puede ser tomada en cuenta cuando se determina cuántos de los subconjuntos van a ser procesados de acuerdo con el planteamiento de separar terminales que son particularmente inadecuados para transmitir simultáneamente en diferentes grupos (véase, por ejemplo, la realización anterior en la que los subconjuntos para ser procesados son elegidos como un número particular dinámico de subconjuntos – el número particular dinámico puede ser dependiente de la carga de cálculo momentánea).

45 En lo que sigue, se asume que hay N terminales bajo consideración y M antenas receptoras (que pueden estar situadas o no en hasta M ubicaciones geográficas diferentes). Las M antenas pueden estar situadas en parejas en M/2 ubicaciones geográficas, o de cuatro en cuatro en M/4 sitios, o en cualquier otra constelación adecuada.

5 En tal escenario hay al menos MN posibles canales de radio que pueden ser estimados bien en un receptor respectivo en cada sitio o colectivamente en una unidad combinadora (por ejemplo unidad de procesamiento de CoMP). La estimación de canal puede ser llevada a cabo de acuerdo con cualquier algoritmo de estimación de canal conocido o futuro y puede depender de la tecnología de acceso de radio (RAT – Radio Access Technology, en inglés) utilizada en el sistema y de cómo sea o sean de avanzado o de avanzados el receptor o los receptores. Las métricas del subconjunto pueden ser calculadas basándose en estimaciones de canal.

10 Como se ha mencionado anteriormente, las realizaciones de la invención se dirigen a definir grupos en los que se eviten instancias de interferencia mutua importantes entre terminales de cada grupo. Un principio empleado por algunas realizaciones de la invención es identificar los subconjuntos de terminales (por ejemplo parejas) que son menos adecuados para la transmisión simultánea (por ejemplo que se interfieren más entre sí) y formar los grupos de manera que estos terminales estén separados en diferentes grupos.

15 Para ejemplificar una posible manera de separar tales terminales en diferentes grupos, se considerará un planteamiento con tamaño del subconjunto dos (es decir parejas). Para un conjunto de N terminales, hay en general  $N(N-1)$  parejas que evaluar. No obstante, si la métrica es simétrica (por ejemplo la interferencia impuesta por el terminal i en el terminal j es igual a la interferencia impuesta por el terminal j sobre el terminal i), es suficiente evaluar la métrica sólo de  $N(N-1)/2$  pares. La métrica entre los terminales i y j puede denominarse D (i, j).

20 Asumiendo métricas simétricas y que una métrica alta indica una peor idoneidad para la transmisión simultánea, una posible manera de clasificar los terminales en grupos puede ser llevada a cabo como sigue:

- 25
- Clasificar las métrica D (i, j),  $i > j$  en orden descendente y almacenar la información correspondiente en una lista de longitud  $k=N(N-1)/2$ . La lista puede ser en forma de una estructura de datos, una lista enlazada, una matriz, o similar. Cada entrada puede contener los índices del terminal de esa pareja particular. En algunas realizaciones la entrada contiene también la métrica de la pareja, en algunas realizaciones no.
  - Para todo k, empezando con la pareja  $\{i(k), j(k)\}$  con la métrica más alta:

30 a. Para el terminal i (k):

i. Si el terminal ya está asignado a un grupo, ir al siguiente terminal, si no:

- 35
- determinar la métrica específica para un terminal más alta para cada grupo S, donde  $j(k)$  no está asignado ( $j(k) \notin S$ ) puesto que  $d(i(k), S) = \max_{s \in S} (D(i(k), s))$  y sea la métrica de grupo específica para un terminal
  - añadir el usuario  $i(k)$  al grupo con el menor  $d(i(k), S)$

40 b. Para el terminal j (k):

i. Si el terminal ya está asignado a un grupo, ir a la siguiente pareja, si no:

- 45
- determinar la métrica específica para un terminal más grande para cada grupo S, donde  $i(k)$  no está asignada como  $d(j(k), S) = \max_{s \in S} (D(j(k), s))$
  - añadir el usuario  $j(k)$  al grupo con el menor  $d(j(k), S)$

50 Como se ha mencionado anteriormente, el proceso puede ser aplicado a todas las k parejas, o sólo a algunas de las parejas (por ejemplo, truncando la lista a sólo las parejas con una métrica que excede un umbral, o a un número predeterminado de parejas que tienen las métricas más altas).

55 Como se ha mencionado anteriormente, las métricas pueden ser calculadas de varias maneras, que se ilustrarán ahora mediante un número de realizaciones de ejemplo.

60 En muchos escenarios, la principal fuente de interferencia inter-terminales residual (es decir, tras la cancelación/supresión de interferencia en el receptor) en el enlace ascendente comprende señales enviadas desde otros terminales y que llegan desde la misma dirección espacial que la señal de un terminal bajo consideración. En tales casos, la supresión de los terminales que interfieren utilizando selección espacial (por ejemplo receptor que forma lóbulo) en la estación de base puede no ser eficiente, puesto que la resolución del patrón de antenas de la estación de base (el número de nulos independientes) y la habilidad de direccionamiento está limitada. En condiciones de LOS (Línea de Visión - Line of Sight, en inglés), el patrón de interferencia es relativamente constante y es creado típicamente por los terminales que están situados en la misma dirección física de la estación de base. En condiciones de desvanecimiento, por otro lado, la dirección de llegada de cada señal cambia con el desvanecimiento, dependiendo de las reflexiones de multi-ruta que dominan instantáneamente para cada una de las

señales implicadas. Así, la interferencia inter-terminales para una pareja de terminales dada puede variar significativamente con el tiempo.

5 Una manera de determinar una métrica que sea indicativa de la interferencia entre terminales es utilizar información acerca de las direcciones instantáneas dominantes de llegada de señales de los diferentes terminales bajo consideración.

10 Para simplificar la presentación, se utiliza como ejemplo un sistema de CDMA, (por ejemplo WCDMA/HSPA). En el sistema de ejemplo, el canal correspondiente a cada pareja de antenas TX-RX está caracterizado por un coeficiente complejo dominante. Se asume que los terminales comprenden cada uno una antena de transmisión. Debe observarse que esta disposición de sistema es meramente un ejemplo y no se considera en modo alguno como limitativa. Al contrario, las realizaciones de la invención son igualmente aplicables a otros sistemas (por ejemplo sistemas basados en OFDMA), canales de multi-ruta más dispersivos y/o antenas de transmisión múltiples en los terminales.

15 La métrica puede, por ejemplo, basarse en correlaciones entre las estimaciones de canal de los terminales implicados.

20 El entorno de propagación entre el terminal  $i$  y la antena de recepción  $m$  puede describirse mediante una lista de coeficientes complejos  $\mathbf{h}_m^{(i)} = [h_{m,1}^{(i)} \dots h_{m,T}^{(i)}]$ , donde cada coeficiente puede ser una estimación de canal para un componente de multi-ruta que varía de manera independiente. (Si el número de componentes de multi-ruta físicos es menor de  $T$ , las entradas restantes pueden ser rellenadas con ceros.)

25 En muchas situaciones, el canal de propagación tiene una baja dispersión o una ruta en un canal de multi-grupo es dominante. Entonces, con el propósito de análisis de la interferencia, el canal se aproxima bien mediante un único

coeficiente de canal:  $h_m^{(i)} = h_{m,t^*}^{(i)}$ , donde  $t^* = \arg \max_t |h_{m,t}^{(i)}|$  es un índice del coeficiente de canal con máxima magnitud. El canal compuesto desde el terminal  $i$  a todas las antenas de recepción es entonces descrito mediante el vector  $\mathbf{c}^{(i)} = [h_1^{(i)} \dots h_M^{(i)}]^T$ .

30 Utilizar un coeficiente de correlación entre las estimaciones específicas para un terminal de los respectivos canales de propagación en un cálculo de métrica proporciona un método de agrupamiento de baja complejidad. Analizando los coeficientes de correlación, los terminales de "que se superponen en el espacio" (por ejemplo que tienen señales que llegan de la misma o similar dirección) pueden ser identificados. Esta información puede ser utilizada para evitar situar tales terminales en el mismo grupo para transmisión simultánea. Puede resultar beneficioso si los terminales de cada grupo tienen canales que son maximalmente mutuamente ortogonales. Típicamente, una menor correlación (es decir, la mejor ortogonalidad por parejas, o por subconjunto) puede llevar a un mejor rendimiento del método de la supresión/cancelación de interferencia, en particular uno con complejidad limitada.

40 Supuestamente, cada uno de los  $N$  terminales tiene un vector de columna de estimación de canal de  $1 \times M$  asociado con él tal como se ha descrito anteriormente. El factor de correlación entre dos terminales puede ser calculado como la magnitud de producto interior normalizada de los respectivos vectores de estimación de canal:

$$D(i, j) = \frac{|\mathbf{c}^{(i)H} \mathbf{c}^{(j)}|}{\sqrt{|\mathbf{c}^{(i)}|^2 |\mathbf{c}^{(j)}|^2}}$$

45 El factor de correlación puede ser utilizado directamente como la métrica asociada con esa pareja de terminales particular. Los factores de correlación pueden, por ejemplo, ser organizados como una tabla  $T$  de  $N \times N$ . Si la métrica es simétrica (como es el caso en este ejemplo) sólo necesita calcularse un triángulo superior (o inferior) de la tabla.

50 Si existen varias rutas dominantes por antena receptora la estimación de canal no es correctamente aproximada mediante un vector de columna, como era el caso en el ejemplo anterior. En tales situaciones, teniendo en cuenta las múltiples direcciones de llegada y la habilidad del receptor de la estación de base de múltiples antenas para excluir la energía que llega de direcciones no deseadas, el resultado es una métrica alternativa. Para cada perfil de

multi-ruta  $\mathbf{h}_m^{(i)}$  entre un terminal y una antena de recepción, puede ser suficiente utilizar una ruta con moderada interferencia para una métrica apropiada. Esa ruta debe ser relativamente fuerte (es decir, no en una sombra profunda), pero no es necesariamente la ruta más potente. Adicionalmente, esa ruta debería ser preferiblemente

separable de las otras rutas del mismo terminal y de las rutas del otro terminal de la pareja. Así, una posible definición de métrica es:

$$D(i, j) = \min_{A, B} \frac{|\mathbf{c}_A^{(i)H} \mathbf{c}_B^{(j)}|}{\sqrt{|\mathbf{c}_A^{(i)}|^2 |\mathbf{c}_B^{(j)}|^2}}$$

5 donde A y B son subconjuntos de coeficientes extraídos de  $\hat{\mathbf{h}}_m^{(i)}$  y  $\hat{\mathbf{h}}_m^{(j)}$  respectivamente, que representan rutas candidatas tal como se ha explicado anteriormente (una ruta por terminal y antena de RX). El espacio de minimización puede ser exhaustivo, o puede excluirse sólo un subconjunto de los coeficientes más grandes para limitar el proceso de búsqueda. En el último caso, las restantes rutas pueden ser suprimidas utilizando la disposición de múltiples antenas.

15 Esta métrica puede ser considerada como una variante del método de magnitud de producto interior normalizado, en el que la ruta utilizada no es identificada basándose en una magnitud máxima de las estimaciones de canal, sino como la ruta implicada en una combinación ganadora cuando se tienen en cuenta las capacidades de recepción.

20 En algunas realizaciones, los vectores de estimación de canal descritos anteriormente pueden ser utilizados de diferente manera para formar una métrica para evaluar la ortogonalidad por parejas. En tales realizaciones, los respectivos vectores de estimación de canal de columna  $1 \times M$  de una pareja de terminales pueden ser utilizados para formar una matriz de coeficientes de canal de  $2 \times M$ . La matriz de coeficientes del canal puede ser factorizada utilizando Descomposición de Valor Singular (SVD – Singular Value Decomposition, en inglés). Los valores singulares cuadrados de la matriz diagonal resultante corresponden a la carga de energía de señal óptima para la transmisión desde los dos terminales bajo consideración a las M antenas de recepción, siempre que los terminales apliquen una pre-codificación ideal (que puede encontrarse en el resultado de SVD) y la unidad de CoMP utiliza una combinación lineal adecuada para la separación de señal (que puede encontrarse también en el resultado de SVD). El resultado puede considerarse también como una indicación del rendimiento de una unidad de CoMP no lineal sin pre-codificación (o no ideal) en los terminales. Aunque tales indicaciones de rendimiento son optimistas y pueden no ser directamente aplicables para un receptor práctico que maneja más de dos terminales, las diferencias de rendimiento relativo entre las parejas de terminales pueden ser utilizadas para determinar los grupos de planificación.

30 Por ejemplo, la salida de SVD puede ser utilizada para determinar las métricas utilizando el conjunto de vector singular izquierdo reportado por el SVD (que serían los pesos de pre-codificación óptimos) para evaluar la no ortogonalidad del canal – cuanto más cerca de la diagonal está la matriz del vector singular, menor correlación hay entre los terminales, lo que puede reflejarse en la métrica asignando un valor D (i, j) más bajo.

35 Alternativa o adicionalmente, la salida de SVD puede ser utilizada para determinar las métricas derivando el número de la condición del canal de los valores singulares – un número de condición alto indica dificultades en separar los terminales en el receptor, lo que puede reflejarse en la métrica asignando un alto valor D (i, j).

40 De nuevo alternativa o adicionalmente, la salida de SVD puede ser utilizada para determinar las métricas basando la métrica en la suma de energías de señal disponibles – energías más elevadas pueden ser reflejadas en la métrica asignando un valor D (i, j) menor.

45 Una métrica simétrica,  $D(i, j) = D(j, i)$ , implica que los terminales en cada pareja incurren en una interferencia igual entre sí. En algunas situaciones, esto puede no ser una asunción adecuada. Así, pueden tenerse en cuenta parámetros adicionales en el cálculo de la métrica, lo que puede llevar a una métrica asimétrica.

50 Por ejemplo, si los niveles de potencia  $P(i)$ ,  $P(j)$  de las señales recibidas de los dos terminales de una pareja son diferentes, la métrica puede ser multiplicada por la potencia del interferidor:  $D'(i,j)=P(i)*D(i,j)$  y  $D'(j,i)=P(j)*D(i,j)$ .

55 Si los cálculos de magnitud de producto interior normalizado descritos anteriormente se toman como punto de partida, y el desequilibrio de potencia de canal (es decir que el canal más potente interfiere al más débil significativamente más que viceversa) va a ser tenido en cuenta, una métrica asimétrica  $D(i, j) \neq D(j, i)$  puede ser formada como

$$D(i, j) = \frac{|e^{(i)} e^{(j)}|}{\sqrt{|e^{(i)}|^2 |e^{(j)}|^2}} \frac{|e^{(i)}|^2}{|e^{(j)}|^2} = |e^{(i)} e^{(j)}| \frac{|e^{(i)}|}{|e^{(j)}|^3}$$

o bien

$$D(i, j) = \frac{|e^{(i)} e^{(j)}|}{\sqrt{|e^{(i)}|^2 |e^{(j)}|^2}} \frac{|e^{(i)}|}{|e^{(j)}|} = \frac{|e^{(i)} e^{(j)}|}{|e^{(j)}|^2}$$

5

Esta estructura de métrica asimétrica puede preferiblemente ser utilizada junto con la etapa de escalado relativa a la potencia adicional descrita anteriormente.

10 Otro ejemplo es si la transmisión de datos desde el terminal i se espera que tenga, por ejemplo, una tasa de codificación mayor (menor robustez), o si se desea incrementar la calidad de servicio para el terminal i por otras razones. Entonces, la métrica de ese terminal con respecto a todos los demás terminales puede ser incrementada en un factor C(i):  $D'(i,:) = C(i) * D(i,:)$ . Pueden tenerse en cuenta numerosos otros criterios para modificar los valores de D (i, j), por ejemplo, los terminales pueden ser priorizados basándose en varios criterios (por ejemplo los terminales para los cuales las retransmisiones son particularmente no deseables y/o a los terminales esperados para enviar señales particularmente importantes les puede ser asignada una métrica mayor para asegurar que las transmisiones se recibirán bien). La métrica puede ser multiplicada por un valor de prioridad específica para un terminal F (i) para reflejar tales consideraciones:  $D'(i,:) = F(i) * D(i,:)$ . Naturalmente, pueden considerarse también las combinaciones de dos o más parámetros puestas como ejemplo anteriormente.

15

20

Cuando se aplican métricas asimétricas, también tiene que determinarse cuál de las métricas  $D(i,j) \neq D(j,i)$  debe ser marcada para la pareja de terminales i, j. Una posible manera de elegir la métrica por pareja es tomar la peor métrica  $D''(i,j) = \max [D'(i,j), D'(j,i)]$ . Otra posibilidad es tomar un valor medio  $D''(i,j) = (D'(i,j) + D'(j,i)) / 2$ .

25

Como se ha mencionado anteriormente puede considerarse también un tamaño de subconjunto mayor de dos. Entonces, las métricas necesitan tener en cuenta la interacción entre más de dos terminales. Una métrica entre, por ejemplo, tres terminales puede ser utilizada para determinar qué tres terminales (de entre muchos) son los más adecuados para transmitir simultáneamente y por ello necesitan ser separados en grupos de planificación separados.

30

Un planteamiento cuando se calcula una métrica adecuada para esta situación es asumir que los tres terminales que son los más inadecuados para transmitir simultáneamente están probablemente caracterizados porque todas las parejas (de entre las tres) tienen métricas por pareja grandes. De acuerdo con estas asunciones, una posible métrica para subconjuntos de tres terminales es:

35

$$D(i, j, k) = D(i, j) D(j, k) D(k, i)$$

Una métrica alternativa para subconjunto de tres terminales puede ser:

40

$$D(i, j, k) = \min(D(i, j), D(j, k), D(k, i))$$

Esta alternativa es particularmente útil si la mayoría de las métricas por pareja tienen un valor cercano al valor máximo (por ejemplo cercano a uno para el caso de producto interior normalizado). Una ventaja con la última métrica alternativa es que puede ser más fácil calcular, especialmente en el caso generalizado con tamaños de subconjunto incluso mayores de tres.

45

Como se ha mencionado anteriormente, los métodos de agrupamiento descritos anteriormente también pueden extenderse a terminales con múltiples antenas de transmisión. Tales terminales pueden tener capacidad de pre-codificación para poder aprovechar las ventajas de las antenas múltiples.

50

5 Asumiendo que hay  $x$  posibles pesos de pre-codificación, los algoritmos presentados anteriormente pueden ser utilizados con el ajuste de que cada terminal sea considerado como  $X$  diferentes terminales virtuales (con diferente pre-codificación), de los cuales exactamente uno puede ser planificado. El espacio de búsqueda puede en tal planteamiento ser tratado incluyendo  $NX$  terminales en lugar de  $N$ , con la simplificación de que combinaciones de terminales virtuales que representan diferentes pre-codificaciones del mismo terminal no necesitarían ser evaluados, y con la condición de que exactamente uno de los terminales virtuales que representan diferentes pre-codificaciones del mismo terminal debe ser clasificado en uno de los grupos.

10 En otras realizaciones, el ajuste de la pre-codificación puede ser determinado de manera separada del agrupamiento, y en tales casos, los algoritmos para una sola antena de transmisión pueden ser utilizados directamente.

15 Para terminales de baja movilidad, el agrupamiento no necesita ser llevado a cabo completamente (o en absoluto) en cada instante de la planificación puesto que es el caso preferido para escenarios de alta movilidad. El agrupamiento puede ser actualizado con intervalos de tiempo más largos en el primer caso. No obstante, con el fin de verificar lo apropiado de los grupos y de establecer una buena calidad de agrupamiento, puede resultar ventajoso en algunas realizaciones repetir el proceso de agrupamiento (uno o más) poco tiempo después del agrupamiento inicial incluso si un escenario de baja movilidad está a mano y un intervalo de tiempo más largo va a ser aplicado más tarde. Esto es porque la calidad de la estimación de canal puede ser mejorada de la estimación de canal inicial a una subsiguiente estimación de canal, y así el agrupamiento puede ser mejorado.

20 Puede proporcionarse información de retorno al planificador (o a capas superiores del sistema) de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Tal información de retorno puede ser indicativa de cómo funcionó un agrupamiento particular (por ejemplo en forma de una peor métrica de grupo, una indicación del terminal que más interfiere de cada grupo, cifras de caudal de datos, etc.) La información de retorno puede ser utilizada por el planificador para adaptar el proceso de agrupamiento cambiando el número de grupos, cambiando prioridades de algunos terminales, y/o cambiando concesiones relativas. Alternativa o adicionalmente, la información de retorno puede ser utilizada por capas superiores (por ejemplo para forzar terminales que interfieren demasiado para llevar a cabo la transferencia a otras celdas, CoMPs, bandas de frecuencia y/o RATs).

25 La Figura 2 ilustra un método 200 de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

30 En la etapa 210, las transmisiones de enlace ascendente son recibidas desde una pluralidad de terminales. Las transmisiones recibidas pueden ser procesadas en un receptor o en otro dispositivo de procesamiento, por ejemplo, una estimación de canal puede ser calculada para cada terminal. En la etapa 220, las métricas son calculadas para todos los subconjuntos (por ejemplo, parejas) de acuerdo con, por ejemplo, cualquiera de los métodos de cálculo de métrica de ejemplo descritos anteriormente.

35 Los conjuntos pueden ser clasificados por orden de métrica en la etapa 230 opcional, y almacenados en una lista o estructura similar.

40 En la etapa 240 opcional, puede determinarse procesar todos los subconjuntos o sólo algunos subconjuntos de acuerdo con las etapas 250, 260 y 270. Como se ha descrito anteriormente, puede decidirse procesar sólo un número (predeterminado o no) de subconjuntos (por ejemplo, aquéllos con la peor métrica), o sólo los subconjuntos que tienen una métrica que se encuentra en un lado particular de un umbral de métrica.

45 En la etapa 250, se elige el subconjunto que tiene la peor métrica en términos de idoneidad para transmisión simultánea (que en la Figura 2 se ilustra como la mayor métrica, pero puede ser también la menor u otra métrica dependiendo de la definición de la métrica) entre los subconjuntos no procesados todavía.

50 En la etapa 260, se ve que todos los terminales del subconjunto elegido están asignados a diferentes grupos, si es posible. Esto debería ser posible para todos los terminales no asignados ya, si el tamaño del subconjunto es menor o igual al número de grupos. La asignación puede, por ejemplo, ser de acuerdo con cualquiera de los métodos de agrupamiento descritos anteriormente. Puede aplicarse el método de asignación, o la condición adicional de minimizar la métrica de grupo específica para un terminal.

55 En la etapa 270, el método es dirigido de nuevo hacia la etapa 250 si hay más subconjuntos para ser procesados de acuerdo con los principios de las etapas 250 y 260. Si no, por ejemplo, si todos los subconjuntos o todos los subconjuntos elegidos en la etapa 240 han sido procesados, el método continúa hacia la etapa 280 opcional.

60 En la etapa 280, cualquier terminal de los subconjuntos que no ha sido procesado todavía puede ser asignado a un grupo respectivo, por ejemplo, arbitrariamente o de acuerdo con cualquier método conocido o de asignación futura conocido.

En la etapa 290, una indicación respectiva es transmitida a cada uno de los terminales, informando al terminal al menos de sus propios parámetros de planificación (por ejemplo, durante el periodo de tiempo que está previsto transmitir).

5 La Figura 3 ilustra también un método de ejemplo 300 de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Las etapas 310, 320, 330, 350, 360, 380 y 390 del método 300 son similares o correspondientes a las etapas 210, 220, 230, 250, 260, 280 y 290 respectivamente del método 200, y por lo tanto no se describirán con detalle.

10 Cuando el método alcanza la etapa 370, se comprueba una condición de detención. Si la condición de detención no se cumple el método se dirige de nuevo hacia la etapa 350 y más subconjuntos son procesados de acuerdo con los principios de las etapas 350 y 360. Si la condición de detención se cumple, el método continúa hacia la etapa 380 opcional. La condición de detención puede, por ejemplo, ser uno de lo que sigue:

- 15
- ¿Todos los posibles subconjuntos han sido procesados?
  - ¿Todos los terminales han sido clasificados en un grupo? (Esto puede muy bien ocurrir antes de que todos los subconjuntos hayan sido procesados, y utilizar esta condición puede reducir la carga de cálculo aun sin afectar en absoluto al rendimiento del agrupamiento.)
  - ¿Un número predeterminado de subconjuntos han sido procesados?
- 20
- ¿Han sido procesados todos los subconjuntos asociados con una métrica que cumple una condición de métrica (por ejemplo, tiene un valor que es mayor que un umbral)?

25 La Figura 4 ilustra las etapas del método de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Las etapas del método ilustrado pueden, por ejemplo, ser llevadas a cabo como parte de cualquiera de las etapas 260 ó 360 de los métodos 200 y 300 respectivamente.

30 En la etapa 461, se elige un terminal no agrupado ya del subconjunto. En la etapa 462, se identifican los grupos que ya no comprenden una transmisión del mismo subconjunto. En la etapa 463, la relación del terminal elegido para cada uno de los grupos identificados es menos adecuada para transmitir simultáneamente con el terminal elegido (correspondiente a una peor métrica del grupo). En la etapa 464, el terminal elegido es añadido a uno de los grupos identificados teniendo en cuenta la evaluación de la etapa 463. Por ejemplo, el terminal elegido puede ser añadido al grupo que tiene una peor métrica (es decir, el terminal del grupo que es menos adecuado para transmitir simultáneamente con el terminal elegido es el terminal más adecuado de entre los grupos). En la etapa 465, se comprueba si hay más terminales no agrupados ya del subconjunto, en cuyo caso el procesamiento vuelve a la etapa 461.

35

40 La Fig. 5 ilustra un sistema que comprende dos sitios de estación de base 501, 502, asociados con o concatenados a un procesador 503 que comprende al menos un planificador de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. El procesador 503 puede, por ejemplo, ser una unidad de control, un procesador CoMP o un combinador.

La Fig. 6 ilustra un sitio de estación de base 601 que comprende al menos un planificador 610 de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

45 La Fig. 7 ilustra un dispositivo electrónico (que comprende una unidad de procesamiento 710) y un medio legible por ordenador 720 de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. El dispositivo electrónico puede, por ejemplo, estar situado en, comprender o estar asociado con un procesador CoMP, un combinador, un procesador de estación de base o un planificador.

50 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, un usuario de un terminal puede utilizar servicios de telecomunicación de circuitos conmutados tales como llamadas de voz, llamadas de datos, llamadas de video y transmisiones de fax y/o servicios basados en paquetes tales como intercambio de mensajes electrónicos, VoIP, navegación por la Internet, comercio electrónico, etc. Con este fin, el terminal móvil y una o más estaciones de base asociadas y el correspondiente sistema de comunicación pueden cumplir con al menos un estándar de telecomunicación móvil, por ejemplo UMTS o LTE de UMTS.

55

60 Merece la pena observar que las realizaciones de la invención no están restringidas para su uso en relación con ninguna tecnología de acceso de radio particular (RAT). Por el contrario, las realizaciones de la invención son aplicables en cualquier sistema de comunicación en el que varios terminales son transmitidos en el enlace ascendente, por ejemplo, un sistema de WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha - Wideband Code Division Multiple Access, en inglés) como el UMTS/HSPA o un sistema de OFDMA (Acceso Múltiple Por División de Frecuencia Ortogonal – Orthogonal Frequency Division Multiple Access, en inglés) como el LTE de UMTS.

- 5 Las realizaciones de la invención descritas y sus equivalentes pueden ser realizadas en software o hardware o una combinación de ellos. Pueden ser llevadas a cabo mediante circuitos de propósito general asociados con o integrales a un dispositivo de procesamiento, tal como procesadores de señal digital (DSP – Digital Signal Processors, en inglés), unidades de procesamiento central (CPU – Central Processing Units, en inglés), unidades de co-procesador, matrices de puertas programables en campo (FPGA – Field Programmable Gate Arrays, en inglés) u otro hardware programable, o mediante circuitos especializados tales como por ejemplo circuitos integrados específicos para una aplicación (ASIC – Application Specific Integrated Circuits, en inglés). Todas esas formas se contemplan como pertenecientes al alcance de la invención.
- 10 La invención puede ser realizada dentro de un aparato electrónico que comprende circuitos/lógica o métodos de realización de acuerdo con cualquiera de las realizaciones de la invención. El aparato electrónico puede, por ejemplo, ser un procesador CoMP, un planificador o una estación de base.
- 15 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, un producto de programa de ordenador comprende un medio legible por ordenador tal como, por ejemplo, un diskette, un lápiz USB, una tarjeta insertable o un CD ROM (compárese con la Figura 7). El medio legible por ordenador puede tener almacenado en él un programa de ordenador que comprende instrucciones de programa. El programa de ordenador puede ser cargable en una unidad de procesamiento de datos, la cual puede, por ejemplo, estar comprendida en un procesador CoMP, un planificador o una estación de base. Cuando se carga en la unidad de procesamiento de datos, el programa de ordenador puede ser almacenado en una memoria asociada con o integral a la unidad de procesamiento de datos. De acuerdo con algunas realizaciones, el programa de ordenador puede, cuando es cargado y ejecutado por la unidad de procesamiento de datos, hacer que la unidad de procesamiento de datos ejecute las etapas del método de acuerdo con, por ejemplo, los métodos mostrados en cualquiera de las Figuras 2-4.
- 20
- 25 La invención ha sido descrita en esta memoria con referencia a varias realizaciones. No obstante, un experto en la materia reconocería numerosas variaciones a las realizaciones descritas que se encontrarían aun en el alcance de la invención. Por ejemplo, las realizaciones del método descritas en esta memoria describen métodos de ejemplo a través de las etapas del método que son llevadas a cabo en un cierto orden. No obstante, se reconoce que estas secuencias de eventos pueden tener lugar en otro orden sin separarse del alcance de la invención. Además, algunas etapas del método pueden ser llevadas a cabo en paralelo incluso aunque hayan sido descritas como realizadas en secuencia.
- 30
- 35 De la misma manera, debería observarse que en la descripción de las realizaciones de la invención, la partición de bloques funcionales en unidades particulares no es en modo alguno limitativa de la invención. Al contrario, estas particiones son meramente ejemplos. Los bloques funcionales descritos en esta memoria como una unidad pueden dividirse en dos o más unidades. De la misma manera, los bloques funcionales que se han descrito en esta memoria como implementados como dos o más unidades pueden ser implementados como una única unidad sin separarse del alcance de la invención.
- 40 Por ello, resultará evidente que las limitaciones de las realizaciones descritas son meramente con propósito ilustrativo y en modo alguno limitativo. Por el contrario, el alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas en lugar de por la descripción, y todas las variaciones que se encuentren dentro de las reivindicaciones pretenden estar abarcadas en esta memoria.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de operar un planificador para planificar transmisiones de enlace ascendente de una primera pluralidad de terminales de un sistema de comunicación inalámbrico en una segunda pluralidad de grupos, donde cada grupo comprende terminales previstos para transmisión de enlace ascendente simultánea durante un respectivo periodo de tiempo, que comprende:
- 10 recibir (210, 310) una transmisión respectiva desde cada una de la primera pluralidad de terminales; calcular (220, 320) una métrica de subconjunto para cada subconjunto de una tercera pluralidad de subconjuntos de la primera pluralidad de terminales, donde un tamaño de cada subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos es menor o igual que la segunda pluralidad de grupos, y donde la métrica del subconjunto se calcula basándose en las transmisiones recibidas de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos y es indicativa de una medida de la idoneidad de la transmisión simultánea para los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos,
- 15 formar (240) una cuarta pluralidad de subconjuntos comprendida en la tercera pluralidad de subconjuntos; procesar (250, 350) cada subconjunto de la cuarta pluralidad de subconjuntos en orden de la métrica de subconjunto calculada, empezando con un subconjunto de la cuarta pluralidad de subconjuntos que tiene una métrica de subconjunto que indica una idoneidad que es la menor de la transmisión simultánea entre los subconjuntos de la cuarta pluralidad de subconjuntos, mediante:
- 20 la planificación (260, 360) de cada terminal de un subconjunto elegido de la cuarta pluralidad de subconjuntos, que no está ya planificado en un grupo de la segunda pluralidad de grupos en un grupo de la segunda pluralidad de grupos que no comprende otro terminal del subconjunto elegido de la cuarta pluralidad de subconjuntos; y
- 25 la transmisión (290, 390), a cada uno de los terminales planificados, de una información indicativa del respectivo periodo de tiempo durante el cual el terminal planificado está previsto que transmita.
- 30 2. El método de la reivindicación 1, en el que la métrica de subconjunto se basa al menos en una dirección dominante de llegada de las transmisiones recibidas de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos.
3. El método de la reivindicación 2, en el que la métrica de subconjunto se basa también al menos en uno de:
- 35 una prioridad de las transmisiones de al menos uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos,
- una potencia de transmisión de al menos uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos,
- 40 una tasa de codificación esperada de al menos uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos,
- una calidad deseada de medida de servicio de al menos uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos, y
- una medida de la aceptación de retransmisión de al menos uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos.
- 45 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el tamaño del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos es dos y la métrica de subconjunto es una métrica por pareja.
5. El método de la reivindicación 4, en el que cada uno de los terminales de la pareja tiene un correspondiente vector de estimación de canal y la métrica por pareja se basa al menos en un producto interior normalizado de los correspondientes vectores de estimación de canal de los terminales de la pareja.
- 50 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que un tamaño de la cuarta pluralidad de subconjuntos es igual a un número predeterminado menor que el tamaño de la tercera pluralidad de subconjuntos, y en el que cada uno de los subconjuntos de la cuarta pluralidad de subconjuntos tiene una métrica de subconjunto que indica una menor idoneidad de transmisión simultánea que la métrica de subconjunto de cualquiera de los subconjuntos no comprendidos en la cuarta pluralidad de subconjuntos.
- 55 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que un tamaño de la cuarta pluralidad de subconjuntos es menor que el tamaño de la tercera pluralidad de subconjuntos, y en el que la cuarta pluralidad de subconjuntos comprende todos los subconjuntos de la tercera pluralidad de subconjuntos que tienen una métrica de subconjunto que se encuentra en un primer lado de un umbral de medida de idoneidad de transmisión simultánea e indica una menor idoneidad de transmisión simultánea que las métricas de subconjunto que se encuentran en un segundo lado del umbral de medida de idoneidad de transmisión simultánea.
- 60

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa de planificación (260, 360) cada terminal del subconjunto elegido en un grupo de la segunda pluralidad de grupos comprende también:

5           determinar (463), para cada grupo de la segunda pluralidad de grupos que no comprende otro terminal del subconjunto elegido, comprendiendo una métrica de grupo específica para un terminal una métrica de subconjunto que indica una menor idoneidad de transmisión simultánea entre los subconjuntos quintos que comprenden el terminal del subconjunto elegido para ser planificado y terminales ya planificados en el grupo; y  
10          planificar (464) el terminal para ser planificado en un grupo que tiene una métrica de grupo específica para un terminal que indica una idoneidad de transmisión simultánea que es la mayor entre las métricas de grupo específicas para un terminal de los grupos de la segunda pluralidad de grupos.

15          9. Un producto de programa de ordenador que comprende un medio legible por ordenador (720), que tiene en él un programa de ordenador que comprende instrucciones de programa, siendo el programa de ordenador cargable en una unidad de procesamiento de datos y estando adaptado para hacer que la unidad de procesamiento de datos ejecute el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

20          10. Un planificador adaptado para planificar transmisiones de enlace ascendente de una primera pluralidad de terminales de un sistema de comunicación inalámbrico en una segunda pluralidad de grupos, donde cada grupo comprende terminales previstos para transmisión de enlace ascendente simultánea durante un respectivo periodo de tiempo, mediante:

25           el cálculo de una métrica de subconjunto para cada subconjunto de una tercera pluralidad de subconjuntos de la primera pluralidad de terminales, donde un tamaño de cada subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos es menor o igual a la segunda pluralidad de grupos, y donde la métrica de subconjunto se calcula basándose en respectivas transmisiones recibidas de cada uno de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos y es indicativa de una medida de idoneidad de transmisión simultánea para los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos;  
30          formar una cuarta pluralidad de subconjuntos comprendidos en la tercera pluralidad de subconjuntos; y  
35          procesar cada subconjunto en la cuarta pluralidad de subconjuntos en orden de la métrica de subconjunto calculada empezando con un subconjunto de la cuarta pluralidad de subconjuntos que tiene una métrica de subconjunto que indica una menor idoneidad de transmisión simultánea entre los subconjuntos de la cuarta pluralidad de subconjuntos, mediante:  
40          planificación de cada terminal de un subconjunto elegido, que ya no está planificado en un grupo de la cuarta pluralidad de subconjuntos, en un grupo de la segunda pluralidad de grupos que no comprende otro terminal de la segunda pluralidad de grupos del subconjunto elegido de la cuarta pluralidad de subconjuntos.

45          11. El planificador de la reivindicación 10, que está también adaptado para basar la métrica de subconjunto al menos en una dirección dominante de llegada de las transmisiones recibidas de los terminales del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos.

50          12. El planificador de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, en el que el tamaño del subconjunto de la tercera pluralidad de subconjuntos y la métrica de subconjunto es una métrica de pareja.

55          13. El planificador de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que está también adaptado para planificar cada terminal del subconjunto elegido en un grupo de la cuarta pluralidad de subconjuntos mediante:

60           determinar, para cada grupo de la segunda pluralidad de grupos que no comprende otro terminal del subconjunto elegido, una métrica de grupo específica para un terminal que comprende una métrica de subconjunto que indica una menor idoneidad de transmisión simultánea entre quintos subconjuntos que comprenden el terminal del subconjunto elegido para ser planificado y los terminales ya planificados en el grupo; y  
65          planificar el terminal para ser planificado en un grupo que tiene una métrica de grupo específica para un terminal que indica una idoneidad de transmisión simultánea que es la mayor entre las métricas de grupo específicas para un terminal determinado.

70          14. Una disposición para un sistema de comunicación inalámbrico, que comprende:

75           el planificador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13;  
80          al menos un receptor adaptado para recibir las respectivas transmisiones desde cada uno de la primera pluralidad de terminales; y  
85          un transmisor adaptado para transmitir, a cada uno de los terminales planificados, una información indicativa del respectivo periodo de tiempo durante el cual el terminal planificado está previsto para transmitir.

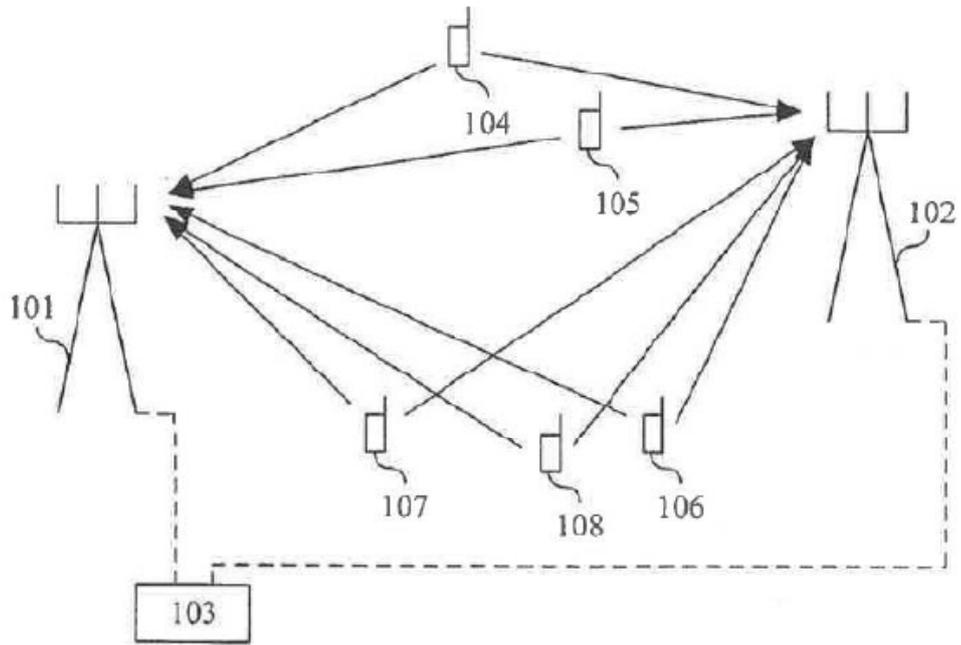


Fig. 1A

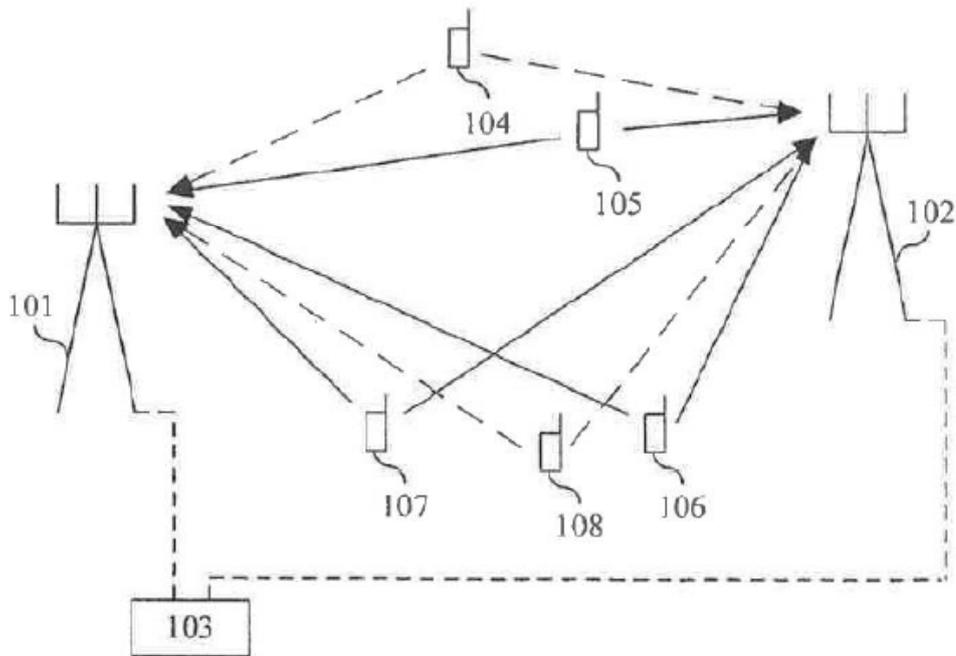


Fig. 1B

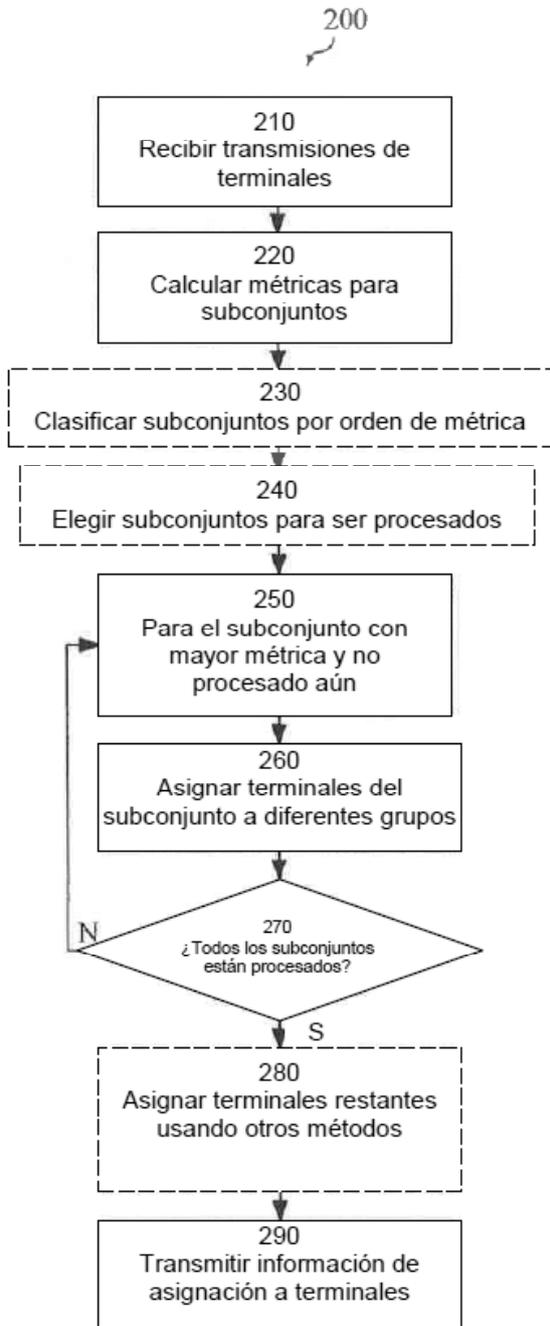


Fig. 2

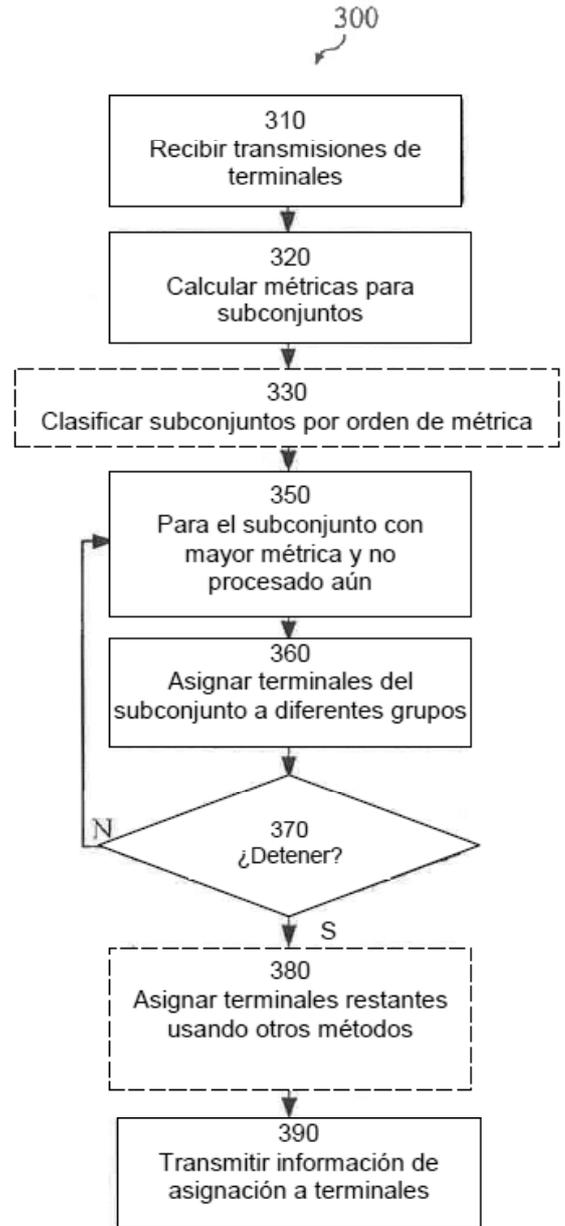


Fig. 3

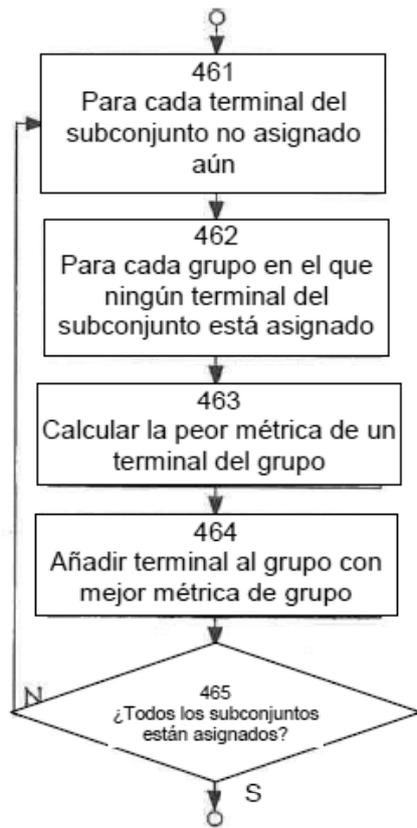


Fig. 4

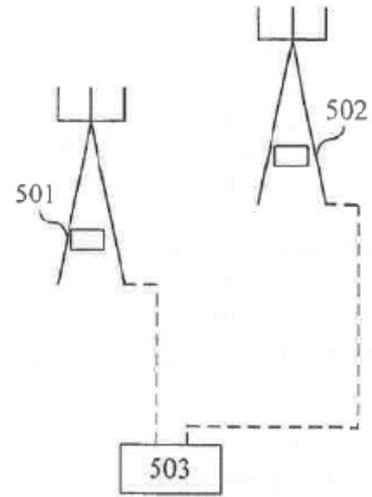


Fig. 5

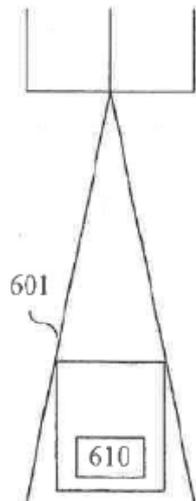


Fig. 6

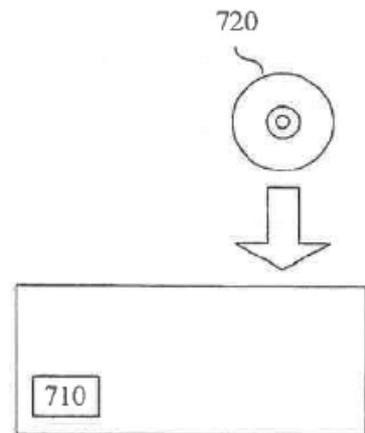


Fig. 7