

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 566**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.1999 E 99905591 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 1055267**

54 Título: **Difusión de enlace descendente mediante transmisiones secuenciales desde una estación de comunicaciones que presenta una red de antenas**

30 Prioridad:

09.02.1998 US 20619

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

14.03.2014

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)
2200 MISSION COLLEGE BOULEVARD
SANTA CLARA, CA 95052, US**

72 Inventor/es:

**BARRATT, CRAIG, H.;
PARISH, DAVID, M.;
UHLIK, CHRISTOPHER, R.;
BOYD, STEPHEN;
YUN, LOUIS C. y
GOLDBURG, MARC, H.**

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 448 566 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

Difusión de enlace descendente mediante transmisiones secuenciales desde una estación de comunicaciones que presenta una red de antenas

CAMPO DE LA INVENCION

5 **[0001]** Esta invención hace referencia al campo de los sistemas de comunicaciones inalámbricas, y más concretamente, a la difusión eficaz de señales de canales de comunicación de enlace descendente comunes en un sistema de comunicaciones inalámbricas mediante una estación de comunicación que utiliza una red de antenas transmisoras de múltiples elementos con el fin de conseguir un diagrama casi omnidireccional en toda el área de cobertura.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Ya se conocen sistemas de comunicaciones inalámbricas celulares, en los que se divide un área geográfica en celdas y cada celda incluye una estación base (BS, BTS) para su comunicación con unidades de abonado (UA) (denominadas también terminales remotos, unidades móviles, estaciones móviles, estaciones de abonado o usuarios remotos) dentro de la celda. En un sistema como tal, existe la necesidad de difundir información desde una estación base a las unidades de abonado dentro de la celda, por ejemplo, para buscar a una unidad de abonado específica con el fin de iniciar una llamada con esa UA o para enviar información de control a todas las unidades de abonado, por ejemplo, sobre cómo comunicarse con la estación base, incluyendo dicha información de control, por ejemplo, la identificación de la estación base, el tiempo y los datos de sincronización. Dicha búsqueda e información de control se difunde en lo que se denomina canales de control comunes. Ya que no existe normalmente información previa con respecto a la ubicación del (de los) usuario(s) remoto(s) que necesitan recibir la búsqueda o la información de control, o ya que dicha información está destinada a varios usuarios, se prefiere transmitir dichas señales de forma omnidireccional, o casi omnidireccional, donde omnidireccional hace referencia generalmente al hecho de que el diagrama de potencia radiada de la estación base es independiente del acimut y la elevación dentro del área de cobertura prescrita de la estación base. Esta invención trata los métodos y aparatos para conseguir dichas transmisiones omnidireccionales.

[0003] Algunos ejemplos de un sistema celular a los que puede aplicarse la presente invención son sistemas análogos que usan normas AMPS, sistemas digitales que utilizan variantes del protocolo de Sistema de Telefonía Manual Personal (PHS por sus siglas inglés) definido por la norma preliminar de la asociación de normalización en Japón *Association of Radio Industries and Businesses* (ARIB), RCR STD-28 (versión 2), Dic. 1995, y los sistemas digitales que utilizan el protocolo de sistema global para las comunicaciones móviles (GSM por sus siglas en inglés), incluyendo la versión original, versión de 1,8 GHz denominada DCS-1800, y la versión norteamericana del sistema de comunicaciones personales de 1,9 GHz (PCS por sus siglas en inglés) denominado PCS-1900, siendo estas tres las denominadas “variantes” de GSM en la presente memoria. Las normas PHS y GSM definen dos conjuntos generales de canales funcionales (también llamados canales lógicos): un conjunto de canal de control (CCH) y un conjunto de canal de tráfico (TCH). El conjunto TCH incluye canales bidireccionales para transmitir datos de usuario entre las unidades de abonado y una estación base. El conjunto CCH incluye un canal de control de difusión (BCCH), un canal de búsqueda (PCH) y otros canales diferentes que no son relevantes para la presente memoria. El BCCH es un canal de enlace descendente unidireccional para la difusión de la información de control desde la estación base a las unidades de abonado que incluye la información de estructura del canal y el sistema y el PCH es un canal de enlace descendente de una dirección que difunde información desde la estación base a un conjunto seleccionado de unidades de abonado o a una amplia área de múltiples unidades de abonado (área de búsqueda) y normalmente se usa para avisar a una estación remota específica de una llamada entrante. La presente invención es aplicable para todas las transmisiones y difusiones de enlace descendente. Es aplicable especialmente para BCCH y PCH que se usan mediante una estación base para transmitir de forma simultánea información común a más de un abonado (es decir, para difundir). También es aplicable a otras situaciones en las que es recomendable transmitir energía de RF de forma omnidireccional o al menos sin valores nulos en ninguna parte en la región destinada.

[0004] El uso de redes de antenas para la radiación de energía de radiofrecuencia (RF) está bastante establecido en una variedad de radiodisciplinas. Para la transmisión en el enlace descendente desde una estación base que incluya una red de antenas a un receptor remoto (la unidad de abonado), la señal destinada para la UA puede proporcionarse como entrada para cada uno de los elementos radiantes de la red, difiriendo de elemento en elemento únicamente por los factores de fase y ganancia, lo que normalmente tiene como resultado, por diseño, un diagrama de radiación direccional centrado en la unidad de abonado. Entre los beneficios de este tipo de estrategia de transmisión se incluyen una ganancia aumentada sobre esa posible utilizando un único elemento radiante y una interferencia reducida con otros usuarios de canales comunes en el sistema en comparación con la transmisión mediante un único elemento radiante. Utilizando dicha red de antenas, también se pueden usar técnicas de acceso múltiple por división espacial (SDMA), en las que el mismo “canal

convencional” (es decir, el mismo canal de frecuencia en un sistema de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), intervalo de tiempo en un sistema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), código en un sistema de acceso múltiple por división de código, o intervalo de tiempo y frecuencia en un sistema TDMA/FDMA) puede asignarse a más de una unidad de abonado.

5 **[0005]** Cualquier señal de enlace descendente enviada la recibe una unidad de abonado y la señal recibida en dicha unidad de abonado receptora se procesa como ya se conoce en la técnica.

[0006] Cuando se envía una señal desde una unidad remota a una estación base (es decir, la comunicación está en el enlace ascendente), la estación base normalmente (y no de forma necesaria) es aquella que utiliza una red de antenas receptoras (normalmente, y no de forma necesaria, la misma red de antenas que para la transmisión). Cada una de las señales de la estación base recibidas en cada elemento de la red receptora se ponderan en amplitud y fase mediante una ponderación de recepción (también denominada ponderación demultiplexora espacial), procedimiento conocido como demultiplexación espacial, determinando las ponderaciones de recepción un vector de ponderación de recepción de valor complejo que depende de la identificación espacial de recepción del usuario remoto que transmite a la estación base. La identificación espacial de recepción caracteriza cómo la red de la estación base recibe señales desde una unidad de abonado específica en ausencia de cualquier interferencia. En el enlace descendente (comunicaciones desde la unidad de la estación base a una unidad de abonado), la transmisión se consigue ponderando la señal para que sea transmitida por cada elemento de la red en amplitud y fase mediante un conjunto de ponderaciones de transmisión respectivas (también denominadas ponderaciones multiplexoras espaciales), determinando todas las ponderaciones de transmisión para un usuario determinado un vector de ponderación de transmisión de valor complejo que también depende de lo que se conoce como “identificación espacial de enlace descendente” o “identificación espacial de transmisión” del usuario remoto que caracteriza cómo el usuario remoto recibe señales desde la estación base en ausencia de cualquier interferencia. Cuando se transmite a varios usuarios remotos en el mismo canal convencional, la suma de las señales ponderadas se transmite por la red de antenas. Esta invención está relacionada principalmente con las comunicaciones de enlace descendente, aunque obviamente las técnicas también se pueden aplicar a comunicaciones de enlace ascendente cuando la unidad de abonado también utilice una red de antenas para transmitir y se recomiende una transmisión omnidireccional desde dicha unidad de abonado.

[0007] En sistemas que utilizan redes de antenas, la ponderación de las señales ya sea en el enlace ascendente desde cada elemento de antenas en una red de antenas o en el enlace descendente a cada elemento de antena se denomina *procesado espacial* en la presente memoria. El procesado espacial es útil incluso cuando no se asigne más de una unidad de abonado a cualquier canal convencional. Por lo tanto, el término SDMA se usará en la presente memoria para incluir tanto el caso de multiplexación espacial real de tener más de un usuario por canal convencional como el uso de procesado espacial con solo un usuario por canal convencional. El término canal se referirá a un enlace de comunicaciones entre una estación base y un usuario remoto único, de forma que el término SDMA cubra tanto un único canal por canal convencional como más de un canal por canal convencional. Los múltiples canales dentro de un canal convencional se denominan canales espaciales. Para una descripción de los sistemas SDMA, véanse por ejemplo, las patentes estadounidenses en copropiedad 5.515.378 (publicada el 7 de mayo, 1996) y 5.642.353 (publicada el 24 de junio, 1997) titulada *SPATIAL DIVISION MULTIPLE ACCESS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS*, Roy, III, *et al.* inventores, la patente estadounidense en copropiedad 5.592.490 (publicada el 7 de enero, 1997) titulada *SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS*, Barratt, *et al.* inventores, la patente estadounidense en copropiedad 5.828.658 (presentada el 10 de octubre, 1996), titulada *SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS WITH SPATIO-TEMPORAL PROCESSING*, Ottersten, *et al.* inventores, y la patente estadounidense en copropiedad 5.909.470 (presentada el 11 de octubre, 1996) titulada *METHOD AND APPARATUS FOR DECISION DIRECTED DEMODULATION USING ANTENNA ARRAYS AND SPATIAL PROCESSING*, Barratt, *et al.* inventores. Los sistemas que emplean las redes de antenas para mejorar la eficacia de las comunicaciones y/o para proporcionar SDMA a veces se denominan sistemas de *antena inteligente*. En la presente memoria, se hace referencia a las patentes y solicitudes de patente anteriores como “Nuestras patentes de antena inteligente”.

[0008] Como la difusión implica la transmisión simultánea de datos sobre un canal común a un conjunto disperso de unidades de abonado, se recomienda encontrar métodos para usar la red de antenas con múltiples elementos y el hardware transmisor asociado para difundir tanto la información del canal de enlace descendente común como la información de tráfico destinada a uno o más usuarios específicos.

55 **Características recomendadas**

[0009] Una estrategia exitosa tendrá las siguientes características:

- dado que no existe información previa sobre la probable ubicación de los receptores remotos, un receptor remoto en cualquier acimut que recibe una señal al menos una vez durante un periodo de tiempo a

aproximadamente el mismo nivel que un usuario en cualquier otra ubicación en cualquier momento durante el periodo de tiempo. En la presente memoria, esto se denomina difusión "casi omnidireccional" (NOR).

- Baja variación en la potencia de transmisión de cada elemento en la red de forma que se aprovechan todos los elementos en la red y se minimizan los problemas de escala que surgen en la práctica.
- 5
- la ganancia del diagrama significativa relativa a la que se puede conseguir con un único elemento de la red que transmite con potencia comparable a la potencia de transmisión individual de los elementos de la red en el periodo de tiempo; y
 - baja energía radiada total de forma que todos los elementos se utilicen de forma eficaz.

10 **[0010]** La propiedad "baja potencia radiada relativa" hace referencia en la presente memoria a la baja potencia radiada por elemento de antena durante un periodo de tiempo en relación a la potencia necesaria para efectuar un nivel de radiación máximo comparable (comparable en intervalo, acimut y elevación) usando un único elemento de antena de la misma ganancia (p. ej., medido en dBi) como elementos individuales de la red de antenas. Puesto que la diferencia en la potencia radiada puede traducirse en requisitos de amplificadores de potencia diferentes y muchos amplificadores de alta potencia son relativamente caros, en algunas situaciones, incluso 1 dB puede ser una diferencia significativa en la potencia radiada. En casos más generales. 3 dB se considerará una diferencia significativa en potencia radiada.

15 **[0011]** Los sistemas sectorizados que emplean redes de antenas son conocidos en la técnica. En un sistema sectorizado, en lugar de una difusión omnidireccional real (360 ° de cobertura acimut), la técnica requiere una difusión eficaz en la *región de cobertura destinada* (es decir, el sector) de la red de antenas y el sistema electrónico asociado. Por lo tanto, en este documento, el término "omnidireccional" se entenderá con el siguiente significado: 1) "omnidireccional" significa *aproximadamente, casi* omnidireccional ("NOR" por sus siglas en inglés); 2) en un sistema celular no sectorizado, omnidireccional indicará NOR para 360° de cobertura acimut y 3) en un sistema sectorizado, omnidireccional indicará casi omnidireccional en el ancho del sector destinado (p. ej., 120° de cobertura acimut para sectores de 120°).

25 **Técnica anterior**

[0012] Un método común para la difusión de datos es usar una antena omnidireccional de forma que el transportador de RF se transmita de forma más o menos uniforme en todas las direcciones. Este diagrama de radiación omnidireccional parece ser una opción razonable para sistemas celulares móviles en los que las unidades de abonado se pueden colocar de forma arbitraria dentro del área celular. En el caso de un sistema de antena inteligente, se puede conseguir dicho diagrama omnidireccional ya sea usando una única antena omnidireccional independiente (tal como un dipolo vertical) o bien uno de los elementos de la red de antenas (suponiendo que tiene *m* elementos). Desafortunadamente, sería necesario aumentar la potencia del transmisor total en ese elemento de antena (o antena independiente) en comparación con los niveles de potencia usados en las comunicaciones TCH ordinarias cuando todos los elementos de antena están en funcionamiento, con el fin de conseguir un intervalo similar para los canales de control y tráfico. El reglamento puede no permitir la opción de aumentar la potencia e, incluso si lo permitiera, podría no ser una opción práctica porque, por ejemplo, los costes de los amplificadores de potencia tenderían a aumentar rápidamente con la potencia.

30 **[0013]** El método de la técnica anterior para transmitir desde un único elemento de red cumpliría los criterios recomendados de una ganancia aproximadamente constante en función del acimut y otras cantidades que describen la ubicación del receptor remoto y de una baja energía radiada total, pero no proporcionaría una baja variación en la potencia de transmisión de cada elemento en la red de forma que se aprovecharan todos los elementos en la red y se minimizaran los problemas de escala que surgen en la práctica y no se proporcionaría una ganancia del diagrama significativa en relación a la que se puede conseguir con un único elemento de la red que transmite a una potencia comparable con las potencias de transmisión individuales de los elementos de red. Además, transmitir desde solo una antena no permitirá comunicaciones simultáneas con varios usuarios en el mismo canal convencional.

35 **[0014]** De forma alternativa, el diagrama de radiación de la red de antenas puede controlarse mediante una combinación de envío de haces múltiples y la aplicación de preprocesado de cualquier señal antes de la conformación de haces. La patente estadounidense 5.649.287 (publicada el 15 de julio, 1997), titulada *ORTHOGONALIZING METHODS FOR ANTENNA PATTERN NULLFILLING*, Forssen, *et al.*, expone un método para enviar información en un sistema de comunicaciones celulares que comprende al menos una estación base con un red de antenas y una pluralidad de estaciones móviles. La información común se procesa previamente para crear señales ortogonales. A continuación, las señales ortogonales se convierten en haces de forma que las señales ortogonales se reparten a los diferentes haces en la antena de la red. Las señales ortogonales se transmiten y se reciben posteriormente en una o más estaciones móviles. A continuación, se procesan las señales en la estación móvil para descifrar la información común de las señales ortogonales. Las señales

ortogonales que han de transmitirse a las estaciones móviles se forman de manera que se impida la existencia de valores nulos en el diagrama de antena.

[0015] GB 2295524 expone un sistema de radio base celular en el que se barre un estrecho haz alrededor de una celda cambiando una señal desde un elemento de antena al siguiente en una red de antenas utilizando una disposición de conmutación.

[0016] Existe la necesidad en la técnica de métodos para la transmisión de enlace descendente omnidireccional que utilicen el aparato del sistema de comunicaciones existente que incluye los elementos de antena existentes en una red de antenas con el fin de conseguir un rendimiento omnidireccional aceptable con una baja potencia radiada relativa. Existe también la necesidad en la técnica de un aparato que consiga esto.

SUMARIO

[0017] Un objetivo de la invención es un método para la transmisión de enlace descendente puesto en marcha sobre una estación de comunicaciones que incluya una red de elementos de antena con el fin de conseguir un rendimiento omnidireccional aceptable con baja potencia radiada relativa, omnidireccional con el sentido de que un usuario remoto ubicado en cualquier lugar en acimut dentro del intervalo de la estación de comunicaciones pueda recibir el mensaje durante un periodo de tiempo. Otro objetivo es un aparato que consiga esto.

[0018] Este y otros objetivos se presentan en diferentes aspectos de la invención expuesta.

[0019] Según un aspecto de la invención, se proporciona un método para transmitir una señal de enlace descendente desde una estación de comunicaciones a una o más unidades de abonado, estación de comunicaciones que incluye una red de antenas que presenta una pluralidad de elementos de antena, estando cada elemento de antena unido a un aparato de transmisión asociado que presenta una entrada y una salida, siendo la unión de cada elemento de antena a la salida de su aparato de transmisión asociado, estando las entradas del aparato de transmisión unidas a uno o más procesadores de señal, método que comprende el procesado de forma iterativa de la misma señal de enlace descendente a través de una pluralidad de diferentes procedimientos de procesado de señales, comprendiendo cada uno de los diferentes procedimientos de procesado de señales la ponderación de un caso de la señal de enlace descendente en fase y amplitud de acuerdo con un correspondiente vector de ponderación complejo seleccionado de una secuencia de diferentes vectores de ponderación de forma que cada procedimiento de procesado de señales forme una pluralidad de señales de enlace descendente procesadas, siendo cada una de las señales de enlace descendente procesadas para la transmisión desde un elemento de antena diferente en la red de antenas, secuencia de diferentes vectores de ponderación que comprende n vectores de ponderación que son representativos de un conjunto mayor de p vectores de ponderación diseñados para la transmisión a unidades de abonado conocidas, siendo los p vectores de ponderación determinados desde identificaciones espaciales asociadas a dichas unidades de abonado conocidas y transmitiendo de forma secuencial cada pluralidad de señales de enlace descendente procesadas a través de la red de antenas, con el fin de generar un nivel de radiación deseado en un número de ubicaciones diferentes dentro de un sector deseado.

[0020] Según otro aspecto de la invención, se presenta un aparato de comunicación, que comprende una red de antenas que presenta una pluralidad de elementos de antena, estando cada elemento de antena unido a un aparato de transmisión asociado que presenta una entrada y una salida, siendo la unión de cada elemento de antena a la salida de su aparato de transmisión asociado, estando el aparato de transmisión unido a uno o más procesadores de señal, donde ese uno o más procesadores de señales está configurado para: procesar de forma iterativa la misma señal de enlace descendente a través de una pluralidad de diferentes procedimientos de procesado de señales, comprendiendo cada uno de los diferentes procedimientos de procesado de señales la ponderación de un caso de la señal de enlace descendente en fase y amplitud de acuerdo con un correspondiente vector de ponderación complejo seleccionado de una secuencia de diferentes vectores de ponderación de forma que cada procedimiento de procesado de señales forme una pluralidad de señales de enlace descendente procesadas, siendo cada una de las señales de enlace descendente procesadas para la transmisión desde un elemento de antena diferente en la red de antenas, secuencia de diferentes vectores de ponderación que comprende n vectores de ponderación que son representativos de un conjunto mayor de p vectores de ponderación diseñados para la transmisión a unidades de abonado conocidas, siendo los p vectores de ponderación determinados desde identificaciones espaciales asociadas a dichas unidades de abonado conocidas y donde el aparato de comunicación está configurado para transmitir de forma secuencial cada pluralidad de señales de enlace descendente procesadas a través de la red de antenas, con el fin de generar un nivel de radiación deseado en un número de ubicaciones diferentes dentro de un sector deseado.

[0021] La secuencia está diseñada para conseguir un nivel de radiación deseado en cualquier ubicación sobre un sector deseado durante al menos una de las transmisiones secuenciales que utilizan la secuencia de vectores de ponderación. Normalmente, el sector deseado es todo el intervalo en acimut y el nivel de radiación deseado es un nivel significativo (es decir, no nulo). Por lo tanto, cada usuario se transmite en el periodo de tiempo necesario para la transmisión secuencial usando todos los vectores de ponderación de la secuencia.

Generalmente, la lógica de control secuencial se lleva a cabo ejecutando un programa en uno de los procesadores de señal. En una puesta en práctica, las ponderaciones de la secuencia se almacenan previamente en una memoria y, en otra puesta en práctica, las ponderaciones se computan sobre la marcha, probablemente desde una o más ponderaciones prototípicas, que se almacenan en una memoria.

5 **[0022]** En las formas de realización específicas expuestas, la estación de comunicación funciona utilizando el protocolo de interfaz aérea PHS en un sistema celular. Una variante del sistema es para aplicaciones de baja movilidad, mientras que otra es para un sistema de bucles locales inalámbricos (WLL). Sin embargo, la invención no está limitada a ningún esquema de multiplexación específico o normas de interfaz aérea. Otras formas de realización pueden emplear cualquier esquema de multiplexación digital o analógico (p. ej., FDMA, TDMA/FDMA, CDMA, etc.) y/o cualquier norma de interfaz aérea (p. ej., AMPS, GSM, PHS, etc.).

10 **[0023]** En una forma de realización, los vectores de ponderación representativos se determinan a partir del vector de ponderación de las unidades de abonado utilizando un método de agrupación de cuantificaciones vectoriales. Ya se conocen muchos métodos de agrupación en la técnica y se puede utilizar cualquiera para esta parte de la invención. El método de agrupación de la forma de realización preferida comienza con un conjunto de vectores de ponderación (p. ej., los vectores de ponderación diseñados para la transmisión a las unidades de abonado conocidas) y determina de forma iterativa un conjunto menor de vectores de ponderación representativos del conjunto de vectores de ponderación. En primer lugar, se asigna un conjunto inicial de vectores de ponderación representativos. Durante cada iteración, cada vector de ponderación se combina con su vector de ponderación representativo más cercano, el más cercano según ciertos criterios de asociación. Se determina una medida media de la distancia entre cada vector de ponderación representativo y todos los vectores de ponderación combinados con ese vector de ponderación representativo. Preferiblemente, la medida media es el cuadrado medio de la distancia. Hasta que la magnitud de la diferencia entre esta medida media en la presente iteración y esta distancia media en la iteración previa sea menos que cierto umbral, cada vector de ponderación representativo se sustituye con un vector de ponderación principal para todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo durante esa iteración y se repite el paso de combinación y comprobación del umbral.

20 **[0024]** El vector de ponderación principal es preferiblemente el baricentro geométrico de todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo durante esa iteración. Cuando la medida media entre cada vector de ponderación representativo y todos los vectores de ponderación combinados con ese vector de ponderación representativo sea menor que cierto umbral, los vectores de ponderación representativos que consigan esto son los vectores de ponderación representativos finales usados como vectores de ponderación representativos para la transmisión secuencial de la señal de enlace descendente.

30 **[0025]** En una forma de realización de este método de agrupación, el criterio de asociación para la cercanía es la distancia euclidiana más cercana y el vector de ponderación principal es el baricentro geométrico de todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo durante esa iteración. En otra forma de realización, el criterio de asociación usado para la cercanía es el ángulo coseno máximo, en cuyo caso el vector de ponderación principal con el que se sustituye cada vector de ponderación representativo es el vector singular principal obtenido a partir de la ejecución de la descomposición en valores singulares en todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo durante esa iteración. Además, en una forma de realización del método de agrupación, los vectores de ponderación iniciales corresponden a los vectores de ponderación de amplitud unitaria dirigidos a diferentes ángulos separados de forma uniforme en la región angular de interés (preferiblemente 360 grados en acimut). Se pueden utilizar otros valores iniciales, por ejemplo, en otra forma de realización aplicable para el caso del número de vectores de ponderaciones representativos que es igual al número de elementos de antena, se pueden usar ponderaciones ortogonales de Walsh-Hadamard como el conjunto inicial de vectores de ponderación representativos. De forma alternativa, se pueden usar ponderaciones ortogonales de DFT como el conjunto inicial de vectores de ponderación representativos.

40 **[0026]** En una forma de realización alternativa mejorada, la secuencia de vectores de ponderación incluye dos subsecuencias, donde la primera subsecuencia comprende vectores de ponderación que son representativos de los vectores de ponderación de transmisión para las unidades de abonado existentes y la segunda subsecuencia incluye un vector de ponderación diseñado para la difusión casi omnidireccional. El vector de ponderación diseñado para la difusión casi omnidireccional puede diseñarse de este modo según una puesta en práctica del método de US 6154661. De forma alternativa, la secuencia subsecuencia puede ser un conjunto de vectores de ponderación ortogonales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 **[0027]** La presente invención se entenderá de forma más completa a partir de las formas de realización preferidas detalladas de la invención, que, sin embargo, no deberían considerarse como limitación de la

invención a cualquier forma de realización específica sino que se presentan únicamente como explicación y para una mejor comprensión. Las formas de realización, a su vez, se explican con la ayuda de las siguientes figuras:

- La figura 1 muestra la parte del procesado de transmisión y la parte de la transmisión de RF de una estación base en la que puede incorporarse la presente invención;
- 5 La figura 2 muestra la parte del procesado de transmisión y la parte de la transmisión de RF de una estación base con medios de procesado posteriores en la trayectoria de transmisión para cada elemento de antena;
- Las figuras 3(a) y 3(b) muestran, de manera simplificada, el método de agrupación de la forma de realización preferida con dos etapas (iteraciones) diferentes de un método para elegir los vectores de código de cuantificaciones vectoriales a partir de un conjunto de vectores de ponderación;
- 10 La figura 4 muestra los resultados de la ejecución de una simulación sin un control secuencial de ponderación. Se muestran tres histogramas de una medida PNLTY en las figuras 4(a), 4(b) y 4(c) para los valores γ (gamma) de 0 (completamente aleatorio), 0,5 y 1,0 (completamente geométrico), respectivamente, cada uno con un total de 10.000 ensayos;
- 15 Las figuras 5(a), 5(b) y 5(c) muestran los resultados de la simulación por usar el control secuencial de ponderación de DFT para los casos de $\gamma=0$; $\gamma=0,5$ y $\gamma=1,0$, respectivamente, cada uno con un total de 10.000 ensayos, según un aspecto de la invención y
- Las figuras 6(a), 6(b) y 6(c) muestran los resultados de la simulación al usar el control secuencial de vectores de ponderación de cuantificaciones vectoriales para los casos $\gamma=0$; $\gamma=0,5$ y $\gamma=1,0$, respectivamente, cada uno con un total de 10.000 pruebas, según otro aspecto de la invención.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERIDAS

[0028] La invención se pone en práctica preferiblemente en la parte de la estación base de un sistema de comunicaciones inalámbrico con SDMA, en concreto un sistema SDMA celular. En una puesta en práctica, el sistema funciona usando el protocolo de comunicaciones PHS que es adecuado para aplicaciones de baja movilidad. Las unidades de abonado pueden ser móviles. La patente estadounidense en copropiedad 5909470 mencionada anteriormente describe el hardware de una estación base de un sistema como tal en detalle, estación base que presenta preferiblemente cuatro elementos de antena. En una segunda puesta en práctica, las unidades de abonado presentan una ubicación fija. Se usa de nuevo el protocolo de comunicaciones PHS. Los sistemas inalámbricos con ubicaciones fijas a veces se denominan sistemas de *bucle local inalámbrico* (WLL). Una estación base WLL en la que se incorporan algunos aspectos de la presente invención se describe en EP1051811 titulada *POWER CONTROL WITH SIGNAL QUALITY ESTIMATION FOR SMART ANTENNA COMMUNICATION SYSTEMS*, Yun, Inventor, ("Nuestra patente de control de potencia" en lo sucesivo). Una estación base WLL como tal puede presentar cualquier número de elementos de antena y muchas de las simulaciones descritas en la presente memoria adoptarán una red con 12 antenas. Se pondrá de manifiesto para los expertos en la técnica que la invención puede llevarse a cabo en cualquier sistema SDMA con uno o más canales espaciales por canal convencional y que presente unidades de abonado móviles, fijas o una combinación de unidades móviles y fijas. Un sistema como tal puede ser analógico o digital y puede usar técnicas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA) o acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), siendo el último usado junto con FDMA (TDMA/FDMA)

[0029] La figura 1 muestra la parte del procesado de transmisión y la parte de la transmisión de RF de una estación base (BS) en la que puede incorporarse la presente invención. La estación base ha de emitir la señal de enlace descendente digital 103 y, normalmente, se genera en la estación base. La señal 103 se procesa mediante un procesador de señales 105 que procesa la señal de enlace descendente 103, procesado que incluye el procesado espacial comprendido por la ponderación de la señal de enlace descendente 103 en fase y amplitud en un conjunto de señales de antena de enlace descendente ponderadas, ponderación describible mediante un vector de ponderación de valor complejo. El procesador de señales 105 puede incluir un procesador programable en forma de uno o más dispositivos de procesadores de señales digitales (DSP) o uno o más microprocesadores de propósito general (MPU) o tanto uno o más MPU o uno o más DSP junto con toda la lógica y memoria necesaria para funcionar. Se remite al lector a la patente estadounidense en copropiedad mencionada anteriormente 5909470 y EP1051811 para más detalles. En las formas de realización preferidas, el procesado espacial (multiplexación espacial) y los métodos de la presente invención se llevan a cabo en forma de instrucciones de programación en el procesador de señales 105 que cuando se cargan en la memoria y se ejecutan en el DSP o MPU o en ambos hacen que el aparato de la figura 1 lleve a cabo los métodos. Por lo tanto, el procesador de señales 105 tiene el mismo número de salidas, número indicado en la presente memoria mediante m , pues existen elementos de antena en la red de antenas de transmisión de la estación base. Las salidas se muestran como **106.1, 106.2, ..., 106.m** en la figura 1. En la forma de realización preferida, se utiliza la misma red de antenas para transmitir y recibir con duplexación por división de tiempo (TDD) realizada por un

interruptor de transmisión/recepción. Puesto que la invención está relacionada principalmente con la transmisión, las características de la duplexación no se muestran en la figura 1. Así, la figura 1 también se aplicaría a una estación base que solo transmite, a una estación base con diferentes antenas para la transmisión y recepción y a una estación base que utiliza la duplexación por división de frecuencia (FDD) con las mismas antenas de transmisión y recepción. Las m salidas del procesador de señales 105, normalmente en la banda base aunque no necesariamente, se convierten de forma ascendente a la frecuencia RF requerida, después se amplifica la RF y se suministra a cada uno de los elementos de antena m **109.1, 109.2, ..., 109.m**. En los sistemas móviles y WLL sobre los que se lleva a cabo la invención, parte de la conversión ascendente se lleva a cabo de forma digital y otra parte de forma analógica. Puesto que la conversión ascendente y la amplificación de RF ya se conoce en la técnica, se muestran ambas combinadas en la figura 1 como unidades de RF **107.1, 107.2, ..., 107.m**.

Descripción general del método

[0030] El aspecto común de las formas de realización del método y aparato de la presente invención es transmitir la señal de enlace descendente un número de veces, es decir, n veces, cada vez con un procesado de señales diferente, procesado de señales que incluye la ponderación con un vector de ponderación de transmisión y elegido de forma que durante el periodo para transmitir con todos los n procedimientos de procesado de señales diferentes, cualquier ubicación en un sector deseado consiga un nivel de radiación recomendado durante al menos una de las transmisiones. Normalmente, el sector deseado es un intervalo de acimuts, por ejemplo, todo el intervalo en acimuts del sector de la red y el nivel de radiación deseado es un nivel significativo (es decir, nivel no nulo). Preferiblemente, si no existe otra información, un usuario remoto en cualquier acimut en el sector deseado ve el mismo nivel de radiación máximo cuando la misma distancia desde el transmisor durante el periodo para transmitir con todos los n procedimientos de procesado de señales diferentes. Normalmente el sector deseado es 360° para un sistema no sectorizado y el sector de la red de antenas en un sistema sectorizado.

[0031] En una forma de realización ilustrativa del método de la presente invención, cada uno de los n casos del procesado de señales incluye la ponderación mediante un vector de ponderación correspondiente de una secuencia de n vectores de ponderación de transmisión. Por lo tanto, en esta forma de realización, la señal de enlace descendente se transmite un número de veces, es decir, n veces, cada vez con un vector de ponderación diferente de una secuencia de n vectores de ponderación diferentes, n vectores de ponderación elegidos de forma que durante el periodo para transmitir con todos los n vectores de ponderación, cualquier ubicación en un sector deseado (p. ej., el sector de la red) consiga un nivel de radiación deseado durante al menos una de las transmisiones. Normalmente, el sector deseado es un intervalo de acimuts, por ejemplo, todo el intervalo en acimuts del sector de la red y el nivel de radiación deseado es un nivel significativo (es decir, nivel no nulo). Preferiblemente, si no existe otra información, un usuario remoto en cualquier acimut en el sector deseado ve el mismo nivel de radiación máximo cuando la misma distancia desde el transmisor durante el periodo para transmitir con todos los n vectores de ponderación. Normalmente el sector deseado es 360° para un sistema no sectorizado y el sector de la red de antenas en un sistema sectorizado. Cuando un vector de ponderación diferente se usa *de forma eficaz* en cada repetición, puede conseguirse dicha diferencia, por ejemplo, ya sea seleccionando un vector de ponderación diferente o usando un único vector de ponderación con medios adicionales para modificar el vector de ponderación para que produzca un vector de ponderación *eficaz* diferente.

[0032] En otra puesta en práctica, el procedimiento de procesado de señales incluye un posprocesado tras el procesado espacial, por ejemplo, usando un filtrado analógico o digital en la banda base, o un filtrado analógico en el dominio de RF, procesado espacial que, normalmente aunque no necesariamente, emplea básicamente el mismo vector de ponderación de transmisión para cada repetición. En cada uno de los n casos de transmisión de señal de enlace descendente, la señal de enlace descendente se procesa de forma espacial a una pluralidad de señales, una para cada elemento de antena. Cada una de las señales de antena se procesa posteriormente de forma diferente. Cabe destacar que cada una de las señales de antena se convierte de forma ascendente a RF, normalmente con una o más etapas de amplificación de frecuencia intermedia (FI) y el procesado puede realizarse antes de dicha conversión ascendente, utilizando medios digitales o analógicos, o tras la conversión ascendente digital (cuando exista conversión ascendente digital) usando medios digitales o analógicos; o tras la conversión ascendente analógica usando medios analógicos. En la puesta en práctica analógica, se introduce un filtrado analógico diferente en cada una de las m señales de antena y en cada uno de los n casos de las unidades de RF **107.1, 107.2, ..., 107.m** suministrando los m elementos de antena **109.1, 109.2, ..., 109.m**. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, introduciendo una cantidad diferente de retardo en cada una de las m señales de antena y en cada uno de los n casos. La figura 2 muestra los medios de posprocesado **203.1, 203.2, ..., 203.m** que, por ejemplo, son cada uno de los aparatos de retardo que producen m retardos diferentes. Para cada unidad de RF, el medio de posprocesado puede verse en la entrada. Sin embargo, se pondrá de manifiesto para los expertos en la técnica que el posprocesado puede darse dentro de la unidad de RF y no solo en la banda base. Cuando se introducen dichos retardos, puede que se necesiten equalizadores adecuados al recibir las unidades de abonado, como se pondrá de manifiesto para los expertos en la técnica. El posprocesado puede llevarse a cabo también, por ejemplo, introduciendo una cantidad diferente de desplazamiento de frecuencia en

cada una de las m señales de antena y en cada uno de los n casos. La figura 2 muestra los medios de posprocesado **203.1**, **203.2**, ..., **203.m** que en este caso son cada uno de los aparatos de desplazamiento de frecuencia los que producen m desplazamientos de frecuencia diferentes. Las cantidades de diferentes desplazamientos de frecuencia o diferentes retardos que se introducen en cada una de las m señales de antena serían insuficientes para causar problemas para los demoduladores en las unidades de abonado pero suficientes para orthogonalizar m las señales de antena. Se puede usar un desplazamiento de frecuencia específico que introduce la forma de realización del posprocesado en sistemas que emplean filtros/conversores ascendentes programables en los aparatos de transmisión de RF. Un dispositivo como tal es el dispositivo de filtro/conversor ascendente digital de cuadrante GC4114 de Graychip, Inc. (Palo Alto, California) usado en la puesta en práctica de los sistemas de RF **107.1**, **107.2**, ..., **107.m** en la estación base del sistema WLL descrito en nuestra patente de control de potencia EP1051811.

[0033] El GC4114 tiene registros de desplazamiento de fase (y ganancia) que se pueden usar para introducir desplazamientos de frecuencia en la señal.

[0034] Cabe mencionar que el método de posprocesado por desplazamiento de frecuencia puede verse como la transmisión con un vector de ponderación de transmisión cuya fase cambia durante el tiempo de transmisión de cada repetición. Por ejemplo, con una modulación digital como la usada en la forma de realización preferida, introducir un pequeño desplazamiento de frecuencia hace que el espacio de constelaciones gire lentamente de forma eficaz. El espacio de constelaciones es la constelación compleja barrida por una señal de banda base de valor complejo (componente en fase/ y componente de cuadratura Q). Por lo tanto, usar la forma de realización de posprocesado por desplazamiento de frecuencia puede hacer que diferentes símbolos de la ráfaga de la señal de enlace descendente se transmitan con un diagrama de radiación diferente. Por consiguiente, parte del promedio del diagrama tiene lugar durante cada repetición y puede que sea posible usar menos repeticiones.

[0035] Otra forma de introducir el posprocesado para que produzca un conjunto de señales de enlace descendente procesadas y orthogonalizadas para que se transmitan de forma secuencial es usar únicamente un vector de ponderación y utilizar sistemas de RF **107.1**, **107.2**, ..., **107.m** donde cada uno incluye medios para aleatorizar la fase. A continuación, se aleatorizan m las fases durante cada transmisión una respecto a otra. La figura 2 muestra los medios de posprocesado **203.1**, **203.2**, ..., **203.m** que en este caso son cada medio de aleatorización de fase, incluidos en los sistemas de RF **107.1**, **107.2**, ..., **107.m**. Para cada unidad de RF, los medios de aleatorización de fase pueden verse en la entrada. Sin embargo, se pondrá de manifiesto para aquellos expertos en la técnica que la aleatorización puede darse dentro de la unidad RF y no solo en la banda base. En una forma de realización, los medios de aleatorización **203** incluyen dirigir de forma secuencial las tablas de búsqueda de seno y coseno con índices iniciales aleatorios. Se puede utilizar otra forma de realización en sistemas que utilizan filtros/conversores ascendentes programables en aparatos de transmisión de RF. Por ejemplo, en la forma de realización mencionada anteriormente que emplea el GC4114, de Graychip, Inc., que presenta registros de desplazamiento de fase (y ganancia), se pueden utilizar estos para cambiar la fase (y amplitud) de la señal. El cambio de fase ocurre en la FI digital.

[0036] Un primer aparato ilustrativo que incorpora la invención incluye la lógica de control secuencial para secuenciar a través de una secuencia de n vectores de ponderación diferentes. En la forma de realización preferida, la lógica de control secuencial es un conjunto de instrucciones de programación en un procesador de señales **105** (que puede consistir en uno o más dispositivos DSP). Los medios de control secuencial también incluyen, en una forma de realización, almacenamiento para almacenar la secuencia de vectores de ponderación y, en otra forma de realización, medios de generación para generar vectores de ponderación de la secuencia de vectores de ponderación sobre la marcha, junto con los medios de almacenamiento para almacenar uno o más vectores de ponderación prototipos a partir de los cuales se genera la secuencia utilizando los medios de generación. La forma de ejecutar dicha lógica de control secuencial usando dispositivos DSP y/o microprocesadores se pondrá de manifiesto para los expertos en la técnica.

[0037] Un segundo aparato ilustrativo que incorpora la invención incluye la lógica de control secuencial para secuenciar a través de un conjunto de n procedimientos de procesamiento de señales. En la forma de realización preferida, la lógica de control secuencial y los procedimientos de procesamiento de señales son cada uno un conjunto de instrucciones de programación en un procesador de señales **105** (que puede consistir en uno o más dispositivos DSP). Los procedimientos de procesamiento de señales pueden ser cualquiera de los conjuntos de procedimientos de posprocesado descritos anteriormente para procesar la señal de enlace descendente procesada de forma espacial a uno de un conjunto de señales de enlace descendente procesadas y ortogonales junto con el procesamiento espacial adecuado. La forma de ejecutar dicha lógica de control secuencial y procesamiento de señales usando dispositivos DSP y/o microprocesadores se pondrá de manifiesto para los expertos en la técnica.

[0038] El protocolo PHS usado en la forma de realización preferida permite que uno defina el intervalo de canal de control (la cantidad de tiempo entre las ráfagas de control, en tramas). Por ejemplo, en muchos sistemas PHS, la ráfaga de control se envía cada 20 tramas. Puesto que cada trama es 5 ms en PHS convencional, esto

implica que el BCCH se envía cada 100 ms. En PHS según se usa en el sistema WLL que incorpora la forma de realización preferida, la ráfaga de control se envía cada trama (25 ms). Por lo tanto, si la secuencia tiene 12 ponderaciones, entonces la secuencia completa se repite cada 300 ms.

Ponderaciones de fase aleatoria

5 [0039] En un ejemplo en el que se usa una secuencia de vectores de ponderación, el conjunto de vectores consiste en ponderaciones de elementos que presentan la misma amplitud con una fase que varía de forma aleatoria. Existen diferentes formas para llevar esto a cabo.

[0040] Una forma de conseguir dicha fase aleatoria es elegir y almacenar previamente un conjunto de vectores de ponderación que presentan elementos de amplitud iguales, pero con fases aleatorias y secuenciar a través del conjunto de vectores de ponderación.

10 [0041] Una segunda forma de conseguir una fase aleatoria es presentar un vector de ponderación prototipo y repetir la transmisión con el mismo vector de ponderación modificado sobre la marcha con el fin de aleatorizar la fase. Matemáticamente, si se indica el vector de ponderación de transmisión prototipo mediante w con elementos w_1, \dots, w_m , el método incluye repetir la transmisión de señal de enlace descendente con un vector de ponderación de elementos $w_1 \exp(j\phi_1), \dots, w_m \exp(j\phi_m)$, donde en cada repetición, se varían ϕ_1, \dots, ϕ_m de forma aleatoria. Es decir, cada una de las cantidades ϕ_1, \dots, ϕ_m es una cantidad aleatoria distribuida de forma uniforme entre 0 y 2π .

15 [0042] Los experimentos se llevaron a cabo con la estrategia de fase aleatoria y se observó que las estadísticas de la señal recibida por un usuario inmóvil seguía aproximadamente una distribución de Raleigh. Por ejemplo, un usuario móvil que recibe una señal desde una estación base que transmite con una única antena vería dicha distribución. Por lo tanto, los protocolos de comunicación convencionales y las normas de interfaz aérea son especialmente tolerantes a señales que tienen distribuciones de Raleigh.

Ponderaciones ortogonales

25 [0043] Un segundo ejemplo utiliza un conjunto de vectores de ponderación ortogonales para la secuencia de vectores de ponderación. El número de vectores ortogonales a secuenciar puede ser igual a m , el número de elementos de antena en la red de antenas 109. Cabe indicar mediante $w_i, i = 1, \dots, m$, el i -ésimo vector de ponderación de transmisión (de valor complejo) en la secuencia. Es decir, para la duración de la transmisión con el i -ésimo vector de ponderación, la señal modulada que ha de difundirse se pondera (en banda base) en amplitud y fase a cada elemento de antena según el valor del correspondiente elemento de valor complejo del vector de ponderación w_i . Sea $s(t)$ la señal de enlace descendente que ha de emitirse, donde t es tiempo (ya sea un índice de enteros para sistemas digitales o tiempo en un sistema analógico, como lo entenderían los expertos en la técnica). Sea fn la modulación de transmisión necesaria para el sistema de transmisión específico. Para la norma PHS usada en las formas de realización preferidas, fn es la modulación por desplazamiento diferencial de fase cuaternaria (DQPSK). Por lo tanto, al indicar

30
35
$$w_i = [w_{i1} \dots w_{im}]$$

la señal (p. ej., en la banda base), indicada como $y_j(t)$, que ha de transmitirse por el j -ésimo elemento de antena (de un total de m elementos de la red de antenas) con la i -ésima ponderación puede describirse matemáticamente como

$$y_j(t) = w_{ij}^* fn(s(t))$$

40 donde (*) indica el conjugado complejo.

[0044] Una forma práctica de especificar todos los m vectores de ponderación de la secuencia es apilar cada $w_i, i = 1, \dots, m$ con el fin de formar una matriz m por m indicada como W , de forma que

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_m \end{bmatrix}$$

Al especificar W se especifica toda la secuencia. A veces, se hace referencia a W como la matriz base en la

presente memoria.

5 **[0045]** En un ejemplo, puesto que es recomendable utilizar todos los elementos de antena, es obligatorio que cada elemento (de valor complejo) de cada vector de ponderación en la secuencia tenga la misma magnitud. Es decir, todas las antenas transmiten todo el tiempo (durante la difusión) con la misma potencia. Matemáticamente, esto puede expresarse como $|w_{ij}| = 1$ para todas las i y para todas las j . La magnitud real se determina mediante la parte de control de potencia de la estación base. Véase por ejemplo, nuestra patente de control de potencia EP1051811.

Coefficientes de Walsh-Hadamard

10 **[0046]** En un ejemplo, los vectores de ponderación son filas (o columnas) de W , donde W es una matriz de Walsh-Hadamard generalizada (es decir, de valor complejo). El siguiente código de ordenador MATLAB (The Mathworks, Inc., Natick, MA), genera matrices de Walsh-Hadamard para los casos de $m=2,4$ y 8 .

```

%
% generating an orthogonal set of weights using a complex
% version of the Walsh-Hadamard matrix.
% the weight vectors can either be the row or column vectors
% of the basis matrix W.
m = 4; % m is the number of antennas
pos = [1+sqrt(-1) 1-sqrt(-1)]/sqrt(2);
neg = [-1-sqrt(-1) 1-sqrt(-1)]/sqrt(2);
a2 = [pos; neg];
a4 = [a2 a2; a2-a2];
a8 = [a4 a4; a4-a4];
if (m == 2)
    basis = a2;
elseif (m == 4)
    basis = a4;
elseif (m == 8)
    basis = a8;
end
    
```

[0047] En otro ejemplo, los vectores de ponderación son las filas (o columnas) de la matriz dimensional m W , donde W es una matriz de Hadamard de valor real con valores de coeficiente $+1$ y -1 .

Coefficientes de DFT

15 **[0048]** En otro ejemplo, los vectores de ponderación son los vectores base de la transformada de Fourier discreta (DFT) del punto m y su rápida puesta en práctica, la transformada rápida de Fourier (FFT). Estas son las filas (o columnas) de W , donde $j^2 = -1 = -1$,

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{j2\pi/m} & \dots & e^{j2\pi(m-1)/m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & e^{j2\pi(m-1)/m} & \dots & e^{j2\pi(m-1)^2/m} \end{bmatrix}$$

Métodos basados en ponderaciones con diagramas recomendados

20 **[0049]** US6154661 describe la definición de una función de costos (de un(unos) vector(es) de ponderación que define(n) los aspectos recomendados de los vectores de ponderación en cuanto al diagrama de radiación general, distribución de potencia entre los elementos de antena, etc. De forma similar, en otro ejemplo, se define una función de costos de una secuencia de vectores de ponderación con el fin de conseguir un diagrama general
25 recomendado y una variación recomendada en la potencia entre los diferentes elementos de la red de antenas de transmisión.

[0050] Un aspecto de esto es dividir el problema del diseño en un número de diseños de vectores de ponderación, vectores de ponderación que forman la secuencia de vectores de ponderación. Cada vector de ponderación diseñado (por ejemplo, utilizando los métodos descritos en US6154661) para presentar un diagrama de radiación recomendado sobre un subsector, definiendo la unión de todos los subsectores la región deseada
30 de cobertura y definiendo la superposición de todos los subsectores el diagrama deseado general sobre la región de cobertura. Cuando el control secuencial está en un orden específico, este es equivalente a "barrer" una región

con un subsector, aunque no existe la necesidad de secuenciar en un orden específico que simule el barrido. Cuando se utiliza una red de antenas aproximadamente uniforme, se diseña un único vector de ponderación "prototipo" para conseguir un diagrama casi omnidireccional sobre un sector único (es decir, con un ancho $\Delta\theta$) y este vector de ponderación se "cambia" por una cantidad definida por $\Delta\theta$, el tamaño de la región deseada general y el número de vectores de ponderación en la secuencia. Por ejemplo, con una red lineal aproximadamente uniforme para una cobertura de 180° con m transmisiones secuenciales, el cambio es $180^\circ/m$ y $\Delta\theta$ es preferiblemente ligeramente mayor que $180^\circ/m$.

[0051] Otro ejemplo es el diseño más general de una secuencia de vectores de ponderación que consigue la propiedad deseada de forma directa, como se define por la función de costos que ha de minimizarse. La forma de diseñar dicha función de costos se pondrá de manifiesto para los expertos en la técnica a partir de la presente descripción y de la de US6154661.

Métodos basados en el conocimiento de usuarios remotos

[0052] En un sistema WLL, las ubicaciones de las unidades de abonado se fijan y son conocidas (en forma de identificaciones espaciales de transmisión) por la estación base. Una estrategia de difusión se basa en transmitir de forma secuencial el mensaje de difusión para cada abonado usando un vector de ponderación determinado a partir de la identificación espacial de transmisión conocida del abonado con posiblemente otros criterios. El hecho de utilizar un vector de ponderación de transmisión determinado únicamente a partir de la identificación espacial del abonado puede asegurar que se reparta la máxima potencia al usuario. Otro criterio adicional que se puede añadir es el de minimizar la energía a otros usuarios.

[0053] Para los bucles de abonado locales con un gran número de unidades de abonado, transmitir de forma secuencial a todas las UA puede requerir demasiado tiempo para cada mensaje de difusión. La cantidad de tiempo necesaria puede reducirse proporcionando un conjunto de diagramas de radiación sectorizada (véase anteriormente) que pueden secuenciarse, donde cada diagrama de radiación sectorizada puede cubrir más de un abonado. Otra opción es determinar un conjunto menor de vectores de ponderación de transmisión de difusión que "representan" de forma adecuada el conjunto de vectores de ponderación para cada una de las UA. Un ejemplo de esto es la cuantificación vectorial (VQ). Véase Gray, R. M., "Vector Quantization," *IEEE ASSP Magazine*, Vol. 1, N.º. 2, abril 1984 (ISSN-0740-7467) para una introducción a VQ. Los métodos de VQ se han aplicado a otros campos técnicos, tal como la compresión de imágenes, la codificación predictiva lineal de vectores de función de voz para codificación de discursos y reconocimiento de voz, etc.

[0054] Supongamos que existen p usuarios remotos, donde el k -ésimo usuario presenta una identificación espacial de transmisión a_{tk} , $k = 1, \dots, p$. Sea w_k el vector de ponderación "dirigido" al k -ésimo usuario. Es decir, si expresamos identificaciones espaciales en forma de

$$a_{tk} = \begin{bmatrix} \alpha_{k1} e^{j\phi_{k1}} \\ \alpha_{k2} e^{j\phi_{k2}} \\ \vdots \\ \alpha_{km} e^{j\phi_{km}} \end{bmatrix},$$

donde α_{ki} son amplitudes positivas y ϕ_{ki} son ángulos, entonces los vectores de ponderación "óptimos" "dirigidos" a los p usuarios son

$$w_k = \begin{bmatrix} e^{-j\phi_{k1}} \\ e^{-j\phi_{k2}} \\ \vdots \\ e^{-j\phi_{km}} \end{bmatrix}, \quad k = 1, \dots, p.$$

[0055] Se conocen muchos métodos para seleccionar el conjunto de n vectores m representativos de un conjunto mayor de p vectores m . Entre estos se encuentran los que normalmente se conocen como métodos de "agrupación" en la literatura. En nuestra solicitud, se empieza con los p vectores de ponderación (por ejemplo, los p vectores de ponderación dirigidos a los p usuarios remotos conocidos) y a partir de estos se determinan los n vectores de ponderación (vectores de código) que son representativos de los p vectores de ponderación. El método de agrupación específico usado se describe a continuación. Cabe destacar que mientras que p es preferiblemente el número de usuarios remotos, el método es general; puede haber más vectores de ponderación iniciales que usuarios remotos conocidos (véase a continuación). El método que usamos continúa de forma iterativa como se muestra a continuación:

1. Comience con los p vectores de ponderación (estos se indican como $w_i, i = 1, \dots, p$) y preferiblemente p es el número de usuarios remotos y w_i son los vectores de ponderación óptimos dirigidos a los p usuarios

remotos y comience con los n vectores de código iniciales (indicados como $v_k, k = 1, \dots, n$). Preferiblemente, los vectores de código iniciales son los vectores de ponderación de amplitud unitaria dirigidos a n ángulos separados de forma uniforme en la región angular de interés (preferiblemente 360 grados en acimut).

5 2. Para cada uno de los vectores de ponderación (es decir, para cada $i = 1, \dots, p$), halla k de forma que $\|w_i - v_k\| \leq \|w_i - v_l\|$ para todo $l = 1, \dots, n$. Así se halla para cada vector de ponderación w_i , el vector de código v_k vecino más cercano ("más cercano" en distancia euclidiana $\|\dots\|$). El criterio usado en la presente memoria se denomina criterio de "asociación", por lo que el criterio de asociación es preferiblemente la distancia euclidiana más cercana.

10 3. Combine (asocie) cada vector de ponderación w_i con su vector de código v_k vecino más cercano. Indique el número de vectores de ponderación que se combinan con el vector de código v_k mediante n_k e indique como $w_{i,k}$ los vectores de ponderación w_i que se han combinado con el vector de código v_k .

4. Calcule el promedio al cuadrado de la distancia euclidiana entre los vectores de ponderación y los vectores de código con los que se combinan. Es decir, calcule

$$d^2 = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^{n_k} \|w_{i,k} - v_k\|^2$$

15 y determine si la magnitud de la diferencia entre d^2 para esta iteración y el valor de d^2 para la iteración previa sea menos que cierto umbral pequeño δd^2 . Si es así, pare. En una forma de realización, δd^2 es 10^{-12} cuando todos los vectores de ponderación se han normalizado a 1. Cabe destacar que no es necesario realizar el paso 4 en la primera iteración.

20 5. Si esta es la primera iteración o si la magnitud de la diferencia en d^2 entre la iteración actual y la previa no es menos que el umbral δd^2 , sustituya cada vector de código $v_k, k = 1, \dots, n$ por el baricentro geométrico (en espacio complejo dimensional m) de los n_k vectores de ponderación $w_{i,k}$ que se han combinado con ese vector de código v_k . Es decir, sustituya cada v_k con

$$v_{k, \text{new}} = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} w_{i,k}$$

6. Vuelva al paso 2.

25 **[0056]** De este modo, se determinan los n vectores representativos de los p vectores de ponderación, siendo estos p vectores preferiblemente los vectores de ponderación óptimos para los usuarios remotos conocidos.

30 **[0057]** En una puesta en práctica alternativa, el criterio de asociación para determinar vecinos en el paso 2 y para combinar en el paso 3 es combinar cada vector de ponderación w_i con su vector de código v_k de ángulo coseno máximo en lugar de con su vector de código vecino más cercano. El coseno del ángulo entre dos vectores es el producto escalar de los vectores normalizados:

$$\cos \theta_{i,k} = \frac{|w_i \bullet v_k|}{\|w_i\| \cdot \|v_k\|},$$

35 donde \bullet es el producto escalar. El paso 5 de sustituir cada vector de código en este caso se modifica a: llevar a cabo una descomposición en valores singulares (SVD) en la matriz cuya columna son los n_k vectores de ponderación $w_{i,k}$ que se han combinado con el vector de código v_k y sustituir cada vector de código $v_k, k = 1, \dots, n$ con el vector singular principal obtenido a partir de la ejecución de la SVD sobre los n_k vectores de ponderación $w_{i,k}$ que se han combinado con el vector de código v_k .

40 **[0058]** También se pueden usar otros valores iniciales. Por ejemplo, en otra puesta en práctica alternativa más, aplicable para el caso en el que el número de los vectores de código n es igual al número de elementos de antena m , se pueden usar las ponderaciones ortogonales de Walsh-Hadamard como el conjunto inicial de vectores de código. De forma alternativa, se pueden usar ponderaciones ortogonales de DFT como el conjunto inicial de vectores de código. De forma, se puede usar un conjunto de vectores de código iniciales aleatorios.

[0059] Un ejemplo del uso del método de selección de los vectores de código que emplean el método preferido se muestra en las figuras 3(a) y 3(b) en dos dimensiones para una mayor simplicidad visual. En la práctica, obviamente, los vectores son valores complejos y en m dimensiones. En el caso mostrado, existen doce vectores de ponderación originales y a partir de estos, se generan cuatro (el número n) vectores de código. Las figuras 3(a) y 3(b) muestran el estado del método en dos etapas diferentes (iteraciones) del método de generación de vectores de código preferido. Los cuatro vectores de código se muestran como círculos y se numeran como **333**, **335**, **337** y **339** en la figura 3(a) y **343**, **345**, **347** y **349** en la figura 3(b), respectivamente. Las doce ponderaciones originales se muestran como X en ambas figuras. Parte del conjunto inicial de vectores de código se asigna inicialmente y estos son los vectores de código **333**, **335**, **337** y **339** de la figura 3(a). Durante cada iteración, cada vector de ponderación se combina con su vector de código más cercano, dividiendo el espacio en cuatro regiones. Los límites de las regiones se muestran con las líneas de puntos 303 en la figura 3(a) y con las líneas de puntos **313** en la figura 3(b) y las regiones se muestran marcadas con P1₁-P4₁ y P1₂-P4₂ en las figuras 3(a) y 3(b) respectivamente. Los vectores de código en cualquier etapa, p. ej., los vectores de código **343**, **345**, **347** y **349** en la figura 3(b), son los baricentros de los vectores de ponderación de cada región anterior. De este modo, el vector de código **345** en la figura 3(b) es el baricentro de los cuatro vectores de ponderación en la región P2₁ en la figura 3(a). Al sustituir los vectores de código por los baricentros, se disminuiría el promedio de distancia euclidiana entre los vectores de código y los vectores de ponderación originales. El método de la forma de realización preferida se detiene cuando la diferencia entre la media de la distancia euclidiana en la fase actual (iteración) i y en la iteración previa es menor que cierto umbral predefinido. Los n vectores de ponderación usados para secuenciar son los vectores de código de la última iteración.

[0060] Un método alternativo para determinar los n vectores de código que se usarán como la secuencia de vectores de ponderación con los que transmitir de forma secuencial los métodos de enlace descendente a partir de un conjunto inicial de p vectores de ponderación se basa en usar la descomposición en valores singulares (SVD). El método de la SVD aplicado al proceso de selección de vector de código comienza de forma recursiva como se muestra a continuación:

1. Lleve a cabo la descomposición en valores singulares en la matriz $[w_1 \dots w_p]$ cuyas columnas son los p vectores de ponderación. Como anteriormente, p es preferiblemente el número de usuarios remotos y w_i son los vectores de ponderación óptimos dirigidos a los p usuarios remotos. Tenga en cuenta el vector singular principal, indicado por x .
2. Para cada uno de los p vectores de ponderación de w_1, \dots, w_p , determine el coseno del ángulo entre el vector de ponderación y el vector singular principal, es decir, determine

$$\cos \theta_{i,x} = \frac{|w_i \bullet x|}{\|w_i\| \cdot \|x\|}, \text{ para } i = 1, \dots, p.$$

3. Divida el conjunto de vectores de ponderación en dos conjuntos. Si el coseno del ángulo entre un vector de ponderación y el vector de ponderación singular principal es menor que cierto umbral, ese vector de ponderación se selecciona como el primer conjunto. Si no, ese vector de ponderación se asigna al segundo conjunto.
4. Repita los pasos 1, 2 y 3 anteriores para el segundo conjunto con el fin de dividirlo en dos conjuntos, siguiendo esta recurrencia del paso 4 hasta que se obtenga el número de conjuntos n y los vectores de código sean entonces los n vectores singulares principales a partir de las recurrencias.

[0061] También se pueden usar otros métodos para determinar los n vectores de código para usarse como la secuencia de vectores de ponderación con los que transmitir de forma secuencial los métodos de enlace descendente sin desviarse del alcance. Véase por ejemplo el artículo mencionado anteriormente de R.M. Gray. Véase también, por ejemplo, el método de división binaria de Rabiner, L.R., *et al.*, "Note on the properties of a Vector Quantizer for LPC Coefficients", *Bell Systems Technical Journal*, Vol. 62, No. 8, oct. 1983, pp. 2603-2616. Este y otros métodos de "agrupación" conocidos en la técnica pueden adaptarse al problema de difusión de canal común y la forma de adaptar un método de agrupación será obvia para los expertos en la técnica.

[0062] Aunque la exposición anterior asume p usuarios remotos y p vectores de ponderación iniciales, puede existir también más de un vector de ponderación por usuario remoto, de forma que p pueda ser mayor que el número de usuarios remotos conocidos. Por ejemplo, en un sistema típico, algunas identificaciones espaciales de usuarios remotos pueden cambiar de forma significativa con el tiempo, mientras que otras no. Por lo tanto, en una forma de realización alternativa del método VQ (aplicable a todas las puestas en práctica de VQ alternativas), los vectores de ponderación originales a partir de los cuales se determina el conjunto representativo de n vectores de ponderación incluyen un registro a lo largo del tiempo de los vectores de ponderación de usuarios. En otra forma de realización alternativa, se emplea un registro estadístico de vectores de ponderación del usuario remoto.

[0063] Con el fin de llevar a cabo esto en el sistema WLL para el que son candidatas algunas de las formas de realización alternativas de la presente invención, normalmente suelen almacenarse 6 o 7 identificaciones espaciales para cada usuario remoto. Además, puede almacenarse una varianza a corto plazo y a largo plazo (sobre diferentes llamadas) de las identificaciones espaciales.

5 **[0064]** En estas formas de realización, la generación de los n vectores de código para usarse para el método de difusión secuencial se lleva a cabo de forma periódica cuando se sabe que la base del usuario va a cambiar. Esta generación puede llevarse a cabo desconectado o puede realizarse dentro de la estación base en el procesador de señales 105.

10 **[0065]** De forma alternativa, p puede ser menor que el número de usuarios remotos conocidos. Por ejemplo, uno de w_i , los p vectores de ponderación pueden ser suficientes para cubrir más de un usuario remoto.

Métodos basados en un conocimiento parcial

15 **[0066]** Mientras que generalmente en un sistema WLL las identificaciones espaciales de los usuarios remotos existentes son conocidas, pueden existir nuevos usuarios en el sistema cuyas identificaciones no se conocen aún. En una forma de realización mejorada, el mensaje se transmite de forma secuencial con cada vector de ponderación de un primer conjunto de n vectores de ponderación que son representativos de w_i , los usuarios remotos existentes, y, a continuación, el mensaje se difunde de nuevo con un vector de ponderación adicional a partir de un segundo conjunto de otro número, por ejemplo, n_1 , de vectores de ponderación diseñados para una difusión (casi) omnidireccional, p. ej., vectores de ponderación que son o bien ortogonales o se han aleatorizado (p. ej., fase aleatoria) como se ha descrito anteriormente. A continuación, se repiten las transmisiones
20 secuenciales con los n vectores de ponderación representativos antes de la transmisión con la siguiente ponderación del segundo conjunto de vectores de ponderación. De este modo, el mensaje de enlace descendente será recibido finalmente incluso por un usuario remoto desconocido, aunque esto lleva normalmente más tiempo que cuando es recibido por un usuario remoto conocido.

25 **[0067]** En una forma de realización alternativa mejorada, el mensaje se transmite de forma secuencial con cada vector de ponderación de un primer conjunto de n vectores de ponderación que son representativos de los usuarios remotos existentes y, a continuación, el mensaje se difunde con un vector de ponderación adicional diseñado para la difusión casi omnidireccional, por ejemplo, usando cualquiera de las formas de realización descritas en la patente principal.

30 **[0068]** En el caso de un sistema celular que atiende a unidades de abonado móviles, no se pueden asignar vectores de ponderación de transmisión fijos puesto que la ubicación varía con el tiempo. Sin embargo, se puede desarrollar un conjunto de ubicaciones preferidas debido a las ubicaciones "atractoras" de abonado, tal como aeropuertos u otros centros de transporte, que tienden a ser ubicaciones temporales durante una fracción significativa de las estaciones móviles de abonado dentro del área de cobertura en cualquier momento dado.

35 **[0069]** Si una estación base específica atiende tanto a abonados móviles como inmóviles, se puede emplear una estrategia de combinación para atender a ambos tipos de abonados mediante el control secuencial a través de un conjunto de libro de códigos de vectores de ponderación VQ representativos de los vectores de ponderación para usuarios con identificaciones espaciales conocidas y, a continuación, mediante el control secuencial a través de un conjunto adecuado de fase aleatoria o de vectores de ponderación ortogonales diseñados para la difusión casi omnidireccional. Asimismo, las ubicaciones atractoras que tienden a presentar un
40 gran número de clientes móviles, tal como los centros de transporte, que presentan vectores de ponderación de transmisión asociados conocidos pueden incluirse junto con las unidades de abonado inmóviles en el proceso de VQ o puede accederse a ellas además de otro control secuencial de diagrama de radiación de antena. Los sectores con diferentes concentraciones de unidades de abonado pueden tratarse de forma diferente, p. ej., generando múltiples libros de códigos VQ para difundir a diferentes sectores de forma separada o junto con otras
45 estrategias de control secuencial.

Resultados de la simulación

50 **[0070]** Se evaluaron mediante simulación algunos de los métodos descritos a continuación. En la simulación, se conocen los vectores de ponderación "óptimos" que han de usarse, donde "óptimos" se define a continuación. La identificación espacial de transmisión caracteriza cómo un terminal remoto recibe señales desde cada uno de los elementos de red de antenas en la estación base sobre un canal convencional específico. En una forma de realización, es un vector de columna de valor complejo, indicado en la presente memoria como a_i , que contiene cantidades relativas (amplitud y fase con respecto a cierta referencia fija) de cada una de las salidas del transmisor del elemento de antena que están contenidas en la salida del receptor en el terminal remoto. Para un elemento de red m ,

$$a_i = [a_{i1} \ a_{i2} \ \dots \ a_{im}]^T,$$

donde $()^T$ es la operación de transposición y a_{ij} , $j = 1, \dots, m$, son la amplitud y fase (con respecto a cierta referencia fija) de la salida del receptor del terminal remoto para una señal de potencia unitaria transmitida desde el j -ésimo elemento de antena de la estación base al terminal remoto. Por lo tanto, en ausencia de cualquier

5 interferencia y ruido, cuando una señal $y_{ij}(t) = w_{ij}^* f_n(s(t))$ se envía mediante el j -ésimo elemento de antena (de un total de m elementos de red de antenas) con la i -ésima ponderación de transmisión de la secuencia de ponderaciones, entonces la señal $z_i(t)$ en la salida del receptor del terminal remoto es

$$z_i(t) = f_n(s(t)) \sum_{j=1}^m w_{ij}^* a_{ij} = f_n(s(t)) w_i^* a_i.$$

10 **[0071]** Con el fin de enviar de forma óptima una señal a este usuario remoto con la identificación espacial de transmisión a_i , se elige un vector de ponderación w que maximice la potencia recibida en el terminal remoto, es decir, w que maximiza $|w^* a_i|^2$ o $|w^* a_i|$, sujeto, por ejemplo, a una limitación de la potencia radiada total. Esto es lo que se denomina vector de ponderación "óptimo" en el párrafo anterior. Indicando dicho vector de ponderación como w_{opt} , un criterio que se puede usar para evaluar la efectividad de la secuencia del vector de ponderación es calcular para todos los usuarios remotos (cada uno con una identificación espacial específica a_i) una figura de recargo PNLTY definida como

$$PNLTY = 20 \log_{10} \left(\frac{|w_{opt}^* a_i|}{\max_i |w_i^* a_i|} \right) \text{ en dB.}$$

Se recomienda un valor bajo de PNLTY.

20 **[0072]** En las simulaciones a la hora de probar algunos aspectos de la invención, se asume que cada identificación espacial (asociada a un usuario remoto) está formada por una parte "geométrica" y una parte "aleatoria". La parte geométrica tiene en cuenta los retardos de fase relativa entre las ondas que se transmiten desde cada elemento en la red de antenas hacia el usuario remoto. Se asume que el usuario remoto se encuentra en el campo lejano de cada uno de los elementos de antena. Se asume que el medio de transmisión geométrica es isotrópico y no dispersivo de forma que la radiación viaja en líneas rectas al usuario remoto y se asume que el usuario remoto queda lejos de la estación base de forma que la dirección del usuario remoto desde

25 cada uno de los elementos de antena tiene el mismo ángulo. Además, se asume que las señales transmitidas están en banda estrecha y todas presentan la misma frecuencia portadora.

30 **[0073]** La parte aleatoria de cualquier identificación espacial está formada por partes imaginarias y reales, siendo cada una de estas variables aleatorias distribuidas Gaussianas de media 0 y cierta varianza. En las simulaciones, por lo tanto, se asume que cualquier identificación espacial de transmisión (de valor complejo) toma la siguiente forma

$$a_i = \gamma a_{iG} + (1 - \gamma) a_{iR}$$

35 donde a_{iG} es la parte geométrica, a_{iR} es la parte aleatoria y γ es un parámetro que en la presente memoria se denomina "clasificación de ecos" y adopta un valor de entre 0 y 1. Por lo tanto, un valor de $\gamma=0$ indica una identificación espacial totalmente aleatoria, mientras que un valor de $\gamma=1$ indica una identificación espacial totalmente geométrica para las simulaciones usadas para probar las diferentes formas de realización de la invención.

40 **[0074]** La figura 4 muestra los resultados de llevar a cabo una simulación sin un control secuencial de ponderación. La red de antenas para las simulaciones consta de doce elementos separados de forma uniforme alrededor de un círculo. Se muestran tres histogramas del valor de PNLTY, cada uno con un número total de N valores de identificación espacial, donde $N = 10.000$, se muestran en las figuras 4(a), 4(b) y 4(c) para valores de γ (gamma) de 0 (totalmente aleatorio), 0,5 y 1,0 (totalmente geométrico), respectivamente. El eje horizontal es la medida de recargo PNLTY. Sin control secuencial de ponderación, el valor medio de PNLTY es 14,6 dB, 15,0 dB y 29,1 dB para los casos de $\gamma = 0$; $\gamma = 0,5$ y $\gamma = 1,0$ respectivamente. Además, se necesita un margen de entre 16,0 dB a 19,8 dB, dependiendo de la forma en la que se simule la identificación espacial del canal, con el fin de

45 alcanzar un 80 % simulado de las unidades de abonado.

[0075] Los resultados de las simulaciones cuando se usa un control secuencial de ponderación DFT pueden

verse en las figuras 5(a), 5(b) y 5(c) para los casos de $\gamma = 0$; $\gamma = 0,5$ y $\gamma = 1,0$ respectivamente con 10.000 pruebas. Con el control secuencial de ponderación DFT, el valor medio de PNLTY es 5,1 dB, 5,2 dB y 7,3 dB para los casos de $\gamma = 0$; $\gamma = 0,5$ y $\gamma = 1,0$ respectivamente. Además, los márgenes necesarios para conseguir el 80% simulado de las unidades de abonado son 6,1 dB a 8,8 dB, dependiendo de gamma. Esta es una mejora significativa del caso sin control secuencial.

5

[0076] Las simulaciones se llevaron a cabo también empleando el método de cuantificación vectorial de la forma de realización preferida, con el número de vectores de código n igual al número de elementos de antena m . Es decir, $n = m = 12$. Se utilizaron los vectores de ponderación con las direcciones distribuidas de forma uniforme como el conjunto inicial de vectores de código y se empleó la (norma de) distancia euclidiana como el criterio de asociación. Los resultados de las simulaciones pueden verse en las figuras 6(a), 6(b) y 6(c) para los casos de $\gamma = 0$; $\gamma = 0,5$ y $\gamma = 1,0$ respectivamente, de nuevo con 10.000 pruebas. Con dicho control secuencial de vector de código, el valor medio de PNLTY es 5,4 dB, 5,0 dB y 4,0 dB para los casos de $\gamma = 0$; $\gamma = 0,5$ y $\gamma = 1,0$ respectivamente. Además, los márgenes necesarios para conseguir el 80% simulado de las unidades de abonado son 5,3 dB a 6,4 dB, dependiendo de gamma. De nuevo, esta es una mejora significativa del caso sin control secuencial.

10

15

[0077] Como entenderán los expertos en la técnica, el profesional experto puede realizar muchos cambios en los métodos y aparatos como se ha descrito anteriormente sin alejarse del alcance de la invención. Por ejemplo, la estación de comunicaciones en la que el método se lleva a cabo puede usar uno de los muchos protocolos. Además, se pueden realizar diversas arquitecturas de estas estaciones. Se pueden realizar muchas más variantes.

20

REIVINDICACIONES

1. Un método para transmitir una señal de enlace descendente (103) desde una estación de comunicaciones a una o más unidades de abonado, estación de comunicaciones que incluye una red de antenas (109) que presenta una pluralidad de elementos de antena (109.1, 109.2, 109.m), estando cada elemento de antena unido a un aparato de transmisión asociado (107.1, 107.2, 107.m) que presenta una entrada (106.1, 106.2, 106.m) y una salida, siendo la unión de cada elemento de antena a la salida de su aparato de transmisión asociado, estando las entradas del aparato de transmisión unidas a uno o más procesadores de señales (105), método que comprende:
 - procesar de forma iterativa la misma señal de enlace descendente (103) a través de una pluralidad de diferentes procedimientos de procesado de señales, comprendiendo cada uno de los diferentes procedimientos de procesado de señales la ponderación de un caso de la señal de enlace descendente (103) en fase y amplitud de acuerdo con un correspondiente vector de ponderación complejo seleccionado de una secuencia de diferentes vectores de ponderación de forma que cada procedimiento de procesado de señales forme una pluralidad de señales de enlace descendente procesadas, siendo cada una de las señales de enlace descendente procesadas para la transmisión desde un elemento de antena diferente en la red de antenas, secuencia de diferentes vectores de ponderación que comprende n vectores de ponderación que son representativos de un conjunto mayor de p vectores de ponderación diseñados para la transmisión a unidades de abonado conocidas, siendo los p vectores de ponderación determinados desde identificaciones espaciales asociadas a dichas unidades de abonado; y
 - transmitir de forma secuencial cada pluralidad de señales de enlace descendente procesadas a través de la red de antenas (109), con el fin de generar un nivel de radiación deseado en un número de ubicaciones diferentes dentro de un sector deseado.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nivel de radiación deseado es un nivel no nulo.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el sector deseado está conformado por un intervalo de acimuts hasta un intervalo completo de acimuts de la red de antenas.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los n vectores de ponderación representativos se determinan usando un proceso de agrupación de cuantificaciones vectoriales, que comprende:
 - asignar un conjunto inicial de vectores de ponderación (333, 335, 337, 339) como un conjunto actual de vectores de ponderación representativos;
 - combinar cada uno de dichos vectores de ponderación diseñados para la transmisión a las unidades de abonado conocidas con su vector de ponderación representativo más cercano en el conjunto actual, de acuerdo con un criterio de asociación;
 - determinar una medida media de una distancia entre cada vector de ponderación representativo en el conjunto actual y todos los vectores de ponderación combinados con ese vector de ponderación representativo;
 - sustituir cada vector de ponderación representativo en el conjunto actual con un vector de ponderación principal (343, 345, 347, 349) para todos los vectores de ponderación que han sido combinados con ese vector de ponderación representativo; y
 - repetir de forma iterativa los pasos de combinación, determinación y sustitución hasta que una magnitud de la diferencia entre la medida media en una presente iteración y la distancia media en la iteración previa sea menor que un umbral.
5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el criterio de asociación para la cercanía es la distancia euclidiana y el vector de ponderación principal es el baricentro geométrico de todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo del conjunto actual de vectores de ponderación representativos durante esa iteración.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la medida media es el cuadrado medio de la distancia.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el criterio de asociación usado para la cercanía es el ángulo coseno máximo y el vector de ponderación principal es el vector singular principal obtenido a partir de la ejecución de la descomposición en valores singulares en todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo del presente conjunto de vectores de ponderación representativos durante esa iteración.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el conjunto inicial de vectores de ponderación corresponde a los vectores de ponderación de amplitud unitaria dirigidos a diferentes ángulos separados de forma uniforme en el sector deseado.

9. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conjunto de vectores de ponderación representativos forma una primera subsecuencia de la secuencia de vectores de ponderación y la secuencia de vectores de ponderación comprende además una segunda subsecuencia de vectores de ponderación.
- 5 10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la segunda subsecuencia comprende un vector de ponderación específico diseñado para proporcionar un diagrama de radiación específico recomendado en el sector deseado, donde los vectores de ponderación específicos minimizan una función de costos de posibles vectores de ponderación que incluye una expresión de la variación a partir del diagrama de radiación específico recomendado del diagrama de radiación dentro del sector que resulta de la transmisión usando el vector de ponderación.
- 10 11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el diagrama de radiación específico recomendado es un diagrama casi omnidireccional.
12. Método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la segunda subsecuencia es un conjunto de vectores de ponderación ortogonales.
- 15 13. Un aparato de comunicación, que comprende:
- una red de antenas (109) que presenta una pluralidad de elementos de antena (109.1, 109.2, 109.m), estando cada elemento de antena unido a un aparato de transmisión asociado (107.1, 107.2, 107.m) que presenta una entrada (106.1, 106.2, 106.m) y una salida, siendo la unión de cada elemento de antena a la salida de su aparato de transmisión asociado, estando el aparato de transmisión unido a uno o más procesadores de señales (105);
- 20 en el que uno o más procesadores de señales (105) están configurados para:
- procesar de forma iterativa la misma señal de enlace descendente (103) a través de una pluralidad de diferentes procedimientos de procesamiento de señales, comprendiendo cada uno de los diferentes procedimientos de procesamiento de señales la ponderación de un caso de la señal de enlace descendente (103) en fase y amplitud de acuerdo con un correspondiente vector de ponderación complejo seleccionado de una secuencia de diferentes vectores de ponderación de forma que cada procedimiento de procesamiento de señales forme una pluralidad de señales de enlace descendente procesadas, siendo cada una de las señales de enlace descendente procesadas para la transmisión desde un elemento de antena diferente en la red de antenas, secuencia de diferentes vectores de ponderación que comprende n vectores de ponderación que son representativos de un conjunto mayor de p vectores de ponderación diseñados para la transmisión a unidades de abonado conocidas, siendo los p vectores de ponderación determinados desde identificaciones espaciales asociadas a dichas unidades de abonado conocidas; y
- 25 en el que el aparato de comunicación está configurado para transmitir de forma secuencial cada pluralidad de señales de enlace descendente procesadas a través de la red de antenas (109), con el fin de generar un nivel de radiación deseado en un número de ubicaciones diferentes dentro de un sector deseado.
- 35 14. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dichos uno o más procesadores de señales comprenden al menos un procesador de señales para cada elemento de antena (109.1, 109.2, 109.m) dentro de la red de antenas (109).
- 40 15. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el nivel de radiación deseado es un nivel no nulo.
16. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el sector deseado está compuesto de un intervalo de acimuts hasta un intervalo completo de acimuts de la red de antenas (109).
- 45 17. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dichos uno o más procesadores de señales (105) están configurados para determinar los n vectores de ponderación representativos usando un proceso de agrupación de cuantificaciones vectoriales, que incluye:
- asignar un conjunto inicial de vectores de ponderación (333, 335, 337, 339) como un conjunto actual de vectores de ponderación representativos;
- 50 combinar cada uno de dichos vectores de ponderación diseñados para la transmisión a las unidades de abonado conocidas con su vector de ponderación representativo más cercano en el conjunto actual, de acuerdo con cierto criterio de asociación;
- determinar una medida media de una distancia entre cada vector de ponderación representativo en el

- conjunto actual y todos los vectores de ponderación combinados con ese vector de ponderación representativo;
 sustituir cada vector de ponderación representativo en el conjunto actual con un vector de ponderación principal (343, 345, 347, 349) para todos los vectores de ponderación que han sido combinados con ese vector de ponderación representativo; y
 repetir de forma iterativa los pasos de combinación, determinación y sustitución hasta que una magnitud de la diferencia entre la medida media en una presente iteración y la distancia media en la iteración previa sea menor que un umbral.
- 5
18. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el criterio de asociación para la cercanía es la distancia euclidiana y el vector de ponderación principal es el baricentro geométrico de todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo del conjunto actual de vectores de ponderación representativos durante esa iteración.
- 10
19. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 17, en el que la medida media es el cuadrado medio de la distancia.
- 15
20. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el criterio de asociación usado para la cercanía es el ángulo coseno máximo y el vector de ponderación principal es el vector singular principal obtenido a partir de la ejecución de la descomposición en valores singulares en todos los vectores de ponderación que han sido combinados con el vector de ponderación representativo del presente conjunto de vectores de ponderación representativos durante esa iteración.
- 20
21. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el conjunto inicial de vectores de ponderación corresponde a los vectores de ponderación de amplitud unitaria dirigidos a diferentes ángulos separados de forma uniforme en el sector deseado.
- 25
22. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el conjunto de vectores de ponderación representativos forma una primera subsecuencia de la secuencia de vectores de ponderación y la secuencia de vectores de ponderación comprende además una segunda subsecuencia de vectores de ponderación.
- 30
23. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 22, en el que la segunda subsecuencia comprende un vector de ponderación específico diseñado para proporcionar un diagrama de radiación específico recomendado en el sector deseado, donde los vectores de ponderación específicos minimizan una función de costos de posibles vectores de ponderación que incluye una expresión de la variación a partir del diagrama de radiación específico recomendado del diagrama de radiación dentro del sector que resulta de la transmisión usando el vector de ponderación.
- 35
24. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 23, en el que el diagrama de radiación específico recomendado es un diagrama casi omnidireccional.
25. Aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 23, en el que la segunda subsecuencia es un conjunto de vectores de ponderación ortogonales.

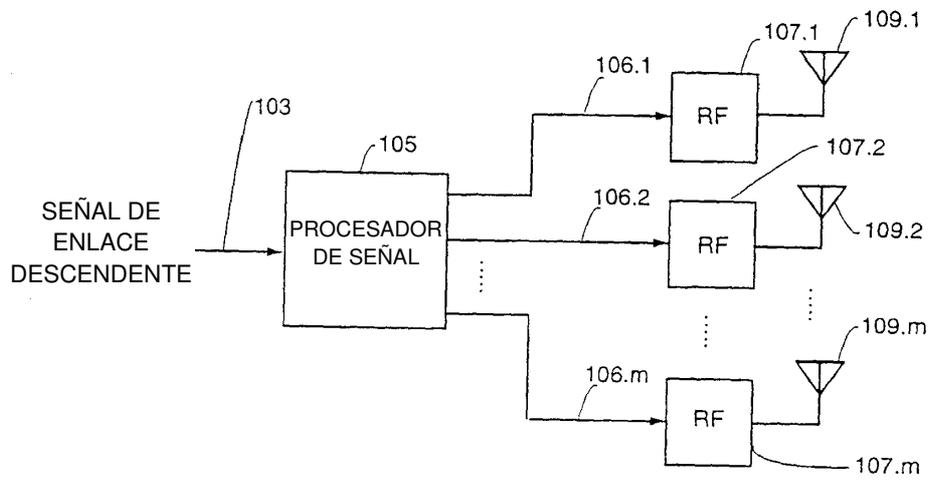


Figura 1

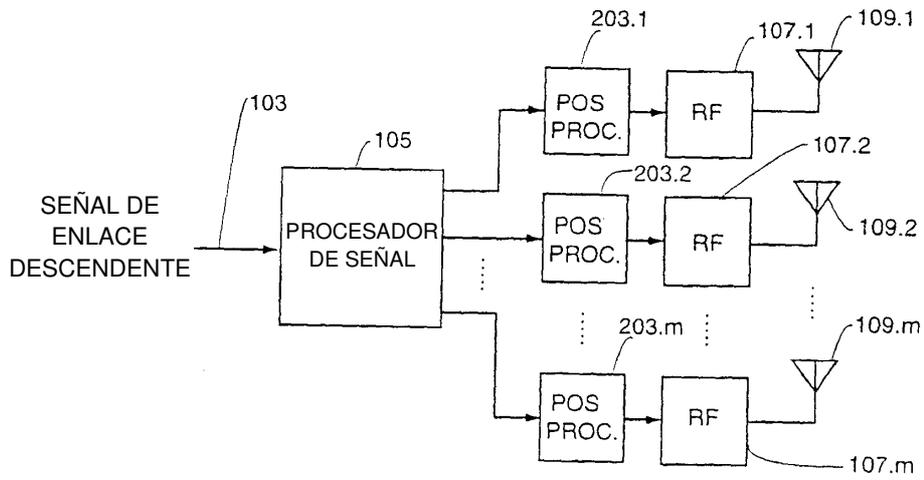


Figura 2

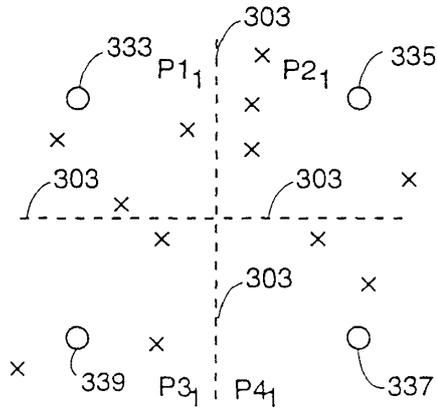


Figura 3(a)

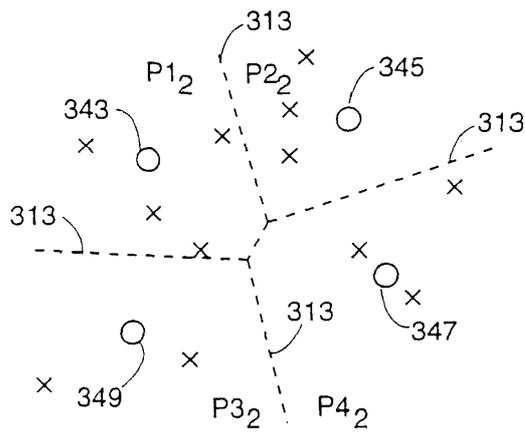


Figura 3(b)

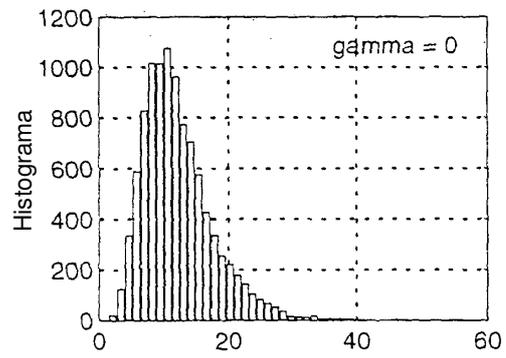


Figura 4(a)

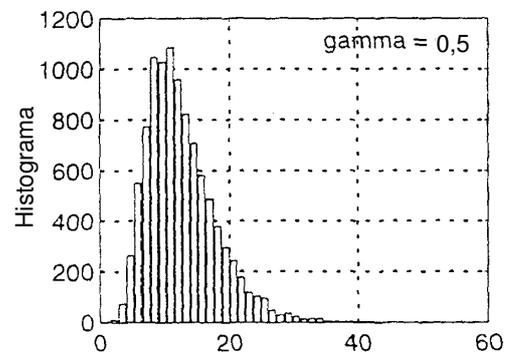


Figura 4(b)

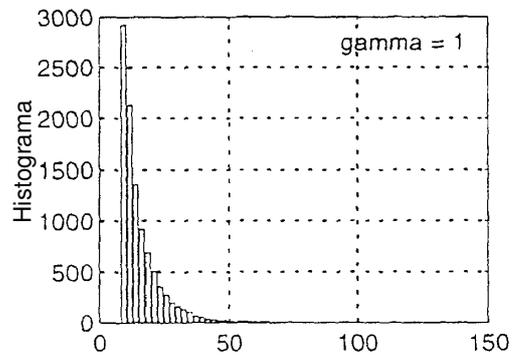


Figura 4(c)

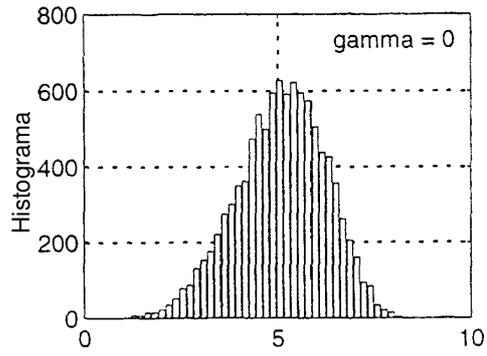


Figura 5(a)

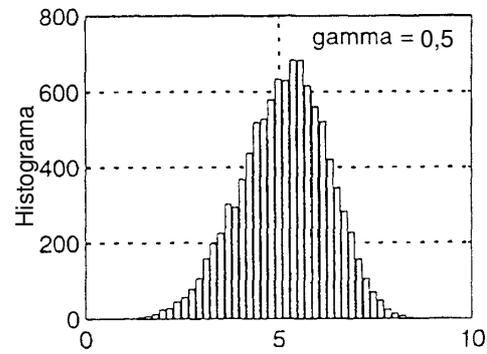


Figura 5(b)

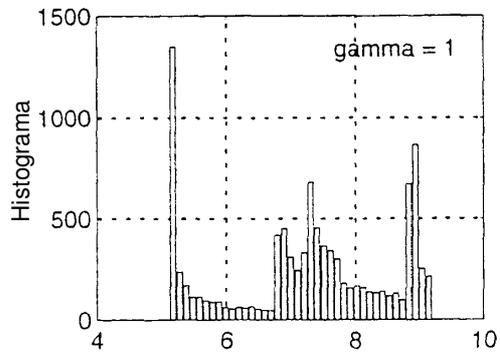


Figura 5(c)

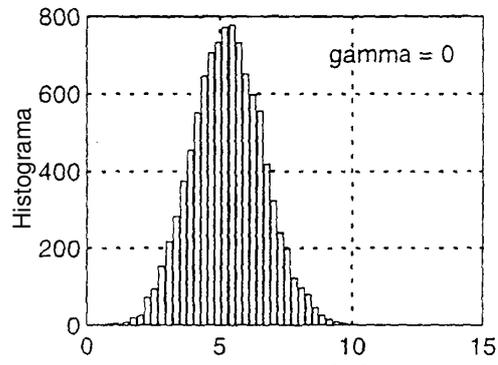


Figura 6(a)

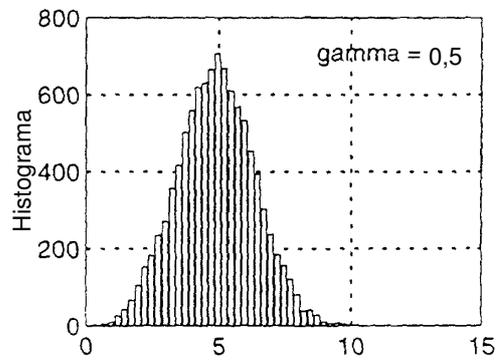


Figura 6(b)

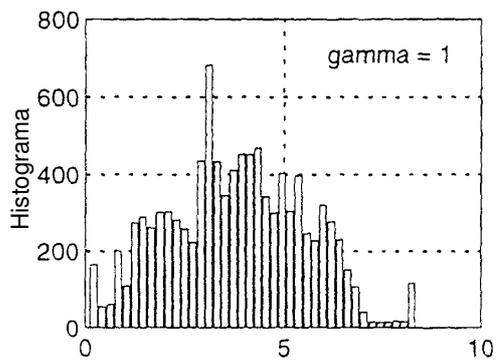


Figura 6(c)