

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 374**

51 Int. Cl.:
H01Q 21/00 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **02772015 .0**
96 Fecha de presentación: **30.10.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1571730**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.09.2005**

54 Título: **Procedimiento de conversión del valor de ponderación de transmisión y recepción en un sistema de antenas inteligente**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.06.2012

73 Titular/es:
ZTE Corporation
ZTE Plaza, Keji Road South,Hi-Tech Industrial
Park,Nanshan DistrictShenzhen City
Guangdong Province 518057 , CN

72 Inventor/es:
DING, Jiewei;
ZHANG, Junfeng y
ZHAI, Yibin

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 382 374 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

Procedimiento de conversión del valor de ponderación de transmisión y recepción en un sistema de antena inteligente

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema que usa una red de antenas para recibir y transmitir datos y que usa el modo multi-acceso para comunicar. Más particularmente, la invención se refiere a un procedimiento para decidir el vector de ponderación de transmisión de acuerdo con el vector de ponderación de recepción de la red de antenas en un sistema de comunicaciones móviles dúplex por división de frecuencia que usa una red de antenas para recibir y transmitir datos.

Antecedentes de la invención

10 En un sistema común de comunicaciones móviles, se transmite una señal entre una estación base y una estación móvil a través de una pluralidad de trayectorias entre un receptor y un transmisor. Esta propagación multi-trayectoria se causa principalmente por reflexiones de la señal sobre la superficie de objetos alrededor del transmisor y el receptor. Como las trayectorias de propagación son diferentes, el tiempo de retardo de la propagación y el ángulo de llegada de la misma señal a través de las diferentes trayectorias al receptor son diferentes, lo que conduce a una interferencia multi-trayectoria y a un desvanecimiento de la señal.

15 Para reducir la interferencia multi-trayectoria y el desvanecimiento de la señal, el sistema de comunicación actual usa un dispositivo de recepción y un procedimiento que implementa una combinación de la diversidad de tiempos sobre la señal recibida.

20 Ahora tomamos un sistema CDMA como ejemplo.

En un sistema CDMA, se usa un receptor con una estructura multi-rama, en el que cada una de las ramas está sintonizada con un grupo de multi-trayectorias que se propaga a lo largo de una trayectoria única. Cada una de las ramas es un componente de un receptor único, y su función es demodular la componente de señal recibida deseada. En un sistema CDMA convencional, se usan los procedimientos coherente o incoherente para combinar las señales recibidas por los diferentes componentes del receptor de modo que se mejora la calidad de la señal recibida. Este receptor se llama receptor Rake, que puede acumular la energía multi-trayectoria con diferentes retardos de tiempo para el mismo usuario de acuerdo con ciertas normas de modo que mejora el funcionamiento del receptor.

30 El receptor Rake puede verse como una combinación de una diversidad de tiempos para la señal deseada. Este receptor, sin embargo, hace uso de sólo la característica del dominio del tiempo de la transmisión de señales, y no utiliza de forma efectiva la característica del espacio de la transmisión de señal. Durante la recepción de la señal, el modo de diversidad de recepción en el espacio y la diversidad de transmisión también pueden usarse para resistir a la interferencia multi-trayectoria.

Sigamos tomando como ejemplo un sistema CDMA.

35 En un sistema CDMA, dos antenas espaciadas varias longitudes de onda electromagnéticas en funcionamiento se disponen para la estación base. Como el efecto de la multi-trayectoria de diversos usuarios produce un desvanecimiento de Rayleigt, la correlación entre las dos señales recibidas por las dos antenas es pequeña. Por lo tanto, la implementación de la combinación de proporción máxima, la combinación de la misma ganancia o la combinación de selección sobre las dos señales puede realizar una diversidad de espacio para mejorar el funcionamiento del sistema. Sin embargo, debido a la limitación en el precio, el tamaño y la capacidad de batería, etc., es imposible para la estación móvil (especialmente un teléfono móvil) realizar la diversidad de antena de recepción. De este modo el concepto de mejora del funcionamiento del canal del enlace descendente se debe implementar en la diversidad de la antena de transmisión en la estación base.

45 La diversidad de la antena de transmisión en la estación base no es tan simple como la diversidad de la antena de recepción, y es relativamente compleja de realizar.

En los últimos años, las investigaciones sobre la tecnología de la diversidad de la antena de transmisión son muy activas, y también hacen ciertos progresos significativos. En el documento "Sobre los límites de la comunicación inalámbrica en un entorno de desvanecimiento cuando se usan antenas múltiples", Comunicaciones Personales Inalámbricas, Volumen 6, N° 3, pág. 311-335, de Marzo de 1998, de G. Jfoschini, Jr y M. J. Gans calcularon la capacidad de canal, del canal de desvanecimiento en un sistema de transmisión de múltiples antenas. V. Tarokh, N. Seshadri y A. R. Calderbank propusieron un código de convolución de tiempo y espacio y el código de bloque, que son una combinación orgánica de la codificación, modulación y diversidad de la antena de transmisión. El protocolo WCDMA define dos diversidades de transmisión de bucle abierto y dos diversidades de transmisión de bucle cerrado: la diversidad de transmisión conmutada en el tiempo (TSTD), la diversidad de transmisión en el espacio y tiempo (STTD), el modo 1 de la diversidad de transmisión del bucle cerrado, y el modo 2 de la diversidad de

transmisión del bucle cerrado.

En las diversidades de transmisión anteriores, se usan dos antenas. Los datos a transmitir generan dos señales de trayectoria de acuerdo con ciertas normas, y las señales generadas se transmiten respectivamente a través de dos canales de transmisión proporcionados por las dos antenas.

5 Para mejorar el funcionamiento del sistema haciendo de diferentes características de espacio de las diferentes señales, muchos investigadores han estudiado la tecnología de la antena inteligente, es decir la tecnología de la red de antenas. La antena inteligente usa dos o más elementos de red de una antena única para formar una red de antenas. Después del procedimiento de radiofrecuencia, las señales recibidas por cada uno de los elementos de la red se suman ponderando con el valor de peso adecuado de modo que se consigue una recepción direccional en el espacio. Los valores de ponderación de todos los elementos de la red pueden nombrarse como un vector de ponderación. Para conseguir una transmisión direccional al mismo tiempo que una recepción direccional, los datos de transmisión se deberían ponderar de forma similar al modo que realiza la transmisión direccional. La esencia de la ponderación es el filtro del espacio. Un vector de ponderación corresponde a cierto patrón del haz, y la clave para realizar la recepción direccional y la transmisión direccional es realizar los patrones del haz correspondientes al vector de ponderación de transmisión o iguales o bastante similares a los patrones de haz correspondientes al vector de ponderación de recepción.

La antena inteligente también puede verse como una clase de la tecnología de acceso múltiple por división del espacio (SDMA). En el SDMA, mediante la regulación de las fases y las amplitudes de las señales recibidas por la red de antenas, las señales deseadas se intensifican mediante la adición por suma, y las otras señales de interferencia se debilitan por adición por suma. Por este procedimiento, las señales recibidas por la red de antenas pueden realizar la SNR máxima de la señal deseada después del procesamiento de la señal digital para implementar el primer haz digital (DBF).

En un sistema de comunicación, como los procedimientos de comunicación dúplex adoptados por el sistema son diferentes, la determinación de los vectores de ponderación de recepción y transmisión de la antena inteligente son también diferentes. En otras palabras, para dejar que el patrón del haz de recepción tienda a conformar el patrón del haz de transmisión, se involucran diferentes tecnologías. Para una explicación adicional, se introduce en primer lugar brevemente el modo de comunicación dúplex del sistema de comunicaciones.

En un sistema de comunicaciones móviles digital, hay dos clases de procedimientos de comunicaciones dúplex: dúplex por división en el tiempo (TDD) y dúplex por división de frecuencia (FDD).

30 En el modo TDD, la estación base y la estación móvil usan la misma frecuencia para las señales de recepción y transmisión. Para la estación base y la estación móvil, las señales de recepción y transmisión están separadas y se alternan en el tiempo, en un periodo de tiempo sólo hay señales de recepción y en otro periodo de tiempo sólo señales de transmisión. La transmisión asimétrica del enlace ascendente y del enlace descendente puede realizarse regulando la longitud del tiempo de recepción y de transmisión. Sin embargo, debido al efecto del retardo del tiempo de transmisión, el área de cobertura de la estación base en la tecnología TDD es relativamente pequeña y difícil de extender. Además, debido a que se usa la misma frecuencia en recepción y transmisión, la interferencia es más seria entre recepción y transmisión así como entre células adyacentes.

En el modo FDD, la estación base y la estación móvil reciben y transmiten continuamente en el tiempo, y las frecuencias del enlace ascendente y del enlace descendente son diferentes. La tecnología FDD puede realizarse en una célula mayor, y no hay interferencia entre el enlace ascendente y el enlace descendente. La interferencia entre células adyacentes es relativamente pequeña, y es más fácil de realizar que la tecnología TDD.

En comparación con el TDD, el intervalo de utilidad del FDD es incluso más ancho. El procedimiento dúplex de FDD se adopta en sistemas tales como el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), el IS-85, el Celular Digital Personal (PDC), el Celular Digital Americano (ADC), la banda de frecuencias simétrica del Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), y el CDMA2000, mientras que el TDD se adopta en sistemas de telefonía inalámbrica digital tales como las Telecomunicaciones Sin Cables Mejoradas Digitales (DECT) y el Sistema de Telefonía de Mano Personal (PHS), y sistemas tales como el Acceso Múltiple por División de Código Síncrono por División de Tiempo (TD-SCDMA) y el WCDMA de banda de frecuencia asimétrica.

50 Como se ha descrito anteriormente, bajo el modo TDD, como las frecuencias de recepción y transmisión de la estación base son las mismas, los vectores de ponderación de recepción y transmisión (el enlace ascendente y el enlace descendente) son también los mismos para la antena inteligente y los patrones de haz son los mismos, es fácil de manejar. Sin embargo, bajo el modo FDD, como las frecuencias de recepción y transmisión de la estación base, son diferentes y el patrón del haz está relacionado con la frecuencia de radio, los mismos vectores de ponderación de recepción y transmisión corresponden a patrones de haz diferentes. De este modo, el vector de ponderación de transmisión diferente del vector de ponderación de recepción correspondiente se usa para hacer que el patrón del haz de recepción tienda a conformar al patrón del haz de transmisión.

Como la tecnología FDD se usa ampliamente en los sistemas de comunicaciones móviles, cómo decidir el vector de ponderación de transmisión de la antena inteligente en base al vector de ponderación de recepción se ha convertido

en un problema técnico significativo en la práctica.

Hasta ahora se han propuesto algunas soluciones, pero todas tienen algunas desventajas.

En primer lugar veamos la antena inteligente de haz conmutado.

5 En esta solución, algunos vectores de ponderación del haz que apuntan a diferentes direcciones están predeterminados. Durante la comunicación, se eligen las ponderaciones del haz de las señales de buena recepción para calcular el resultado de la ponderación para procedimientos sucesivos adicionales. Esta idea es fácil de resolver. Bajo el modo FDD, la relación correspondiente del vector de ponderación de recepción y transmisión de la antena inteligentes se decide principalmente por los parámetros de dirección, y la conversión de la ponderación de recepción y transmisión es muy simple. Pero, los inconvenientes de esta solución son que requiere más y mejores
10 vectores de ponderación predeterminados, las características de distribución de las señales en el espacio para el tiempo específico podrían no usarse completamente, y la SNR de las señales recibidas no podría mejorarse de forma eficaz.

En segundo lugar veamos una antena inteligente parcialmente adaptativa.

15 En esta solución, generalmente la información de la dirección de llegada (DOA) para el usuario deseado se extrae de las señales recibidas de la red, y a continuación se forma el apuntamiento del haz para la DOA. El cambio de ponderaciones sigue el cambio de la DOA. Lo esencial de esta solución es hacer máxima la energía recibida del usuario deseado, y entre tanto suprimir limitadamente la interferencia desde las otras direcciones. La red en fase pertenece a esta tecnología. En el FDD, la ponderación de recepción de la antena inteligente se calcula de acuerdo con la DOA detectada usando un cierto algoritmo, y la ponderación de transmisión también puede obtenerse de
20 acuerdo con la DOA usando un algoritmo similar. El funcionamiento de la antena inteligente parcialmente adaptativa es mejor que el de la antena inteligente de haz conmutado. Puede utilizar la característica de distribución del espacio de la señal en el tiempo específico. Sin embargo la antena inteligente parcialmente adaptativa podría no usar totalmente la información de espacio de la señal y el intervalo adaptativo es limitado, por ejemplo, todas las amplitudes en una red controlada en fase son las mismas y no cambian, mientras que sólo la fase puede variar de
25 forma adaptativa; y adicionalmente el algoritmo para la extracción de la DOA es bastante complejo y existen ciertos problemas cuando se implementa en la práctica.

En tercer lugar, veamos una antena inteligente completamente adaptativa.

30 Las ponderaciones de esta clase de antena no necesitan estar prefijadas. Sus ponderaciones se actualizan continuamente por ciertas normas de acuerdo con el cambio de la característica de distribución de las señales en el espacio. La amplitud y fase de la ponderación pueden actualizarse libremente. Cuando el algoritmo de actualización es convergente, este procedimiento puede hacer un uso completo de la característica de espacio de las señales del usuario deseado y las señales de interferencia para hacer máxima la SNR de las señales recibidas, pero generalmente en la antena inteligente parcialmente adaptativa no importa la DOA de las señales de interferencia. El resultado es lo que deseamos, y puede ser el mejor efecto de la antena inteligente. En FDD, la ponderación de
35 transmisión de esta clase de antena inteligente depende de la ponderación de recepción obtenida.

Es obvio que el sistema de comunicaciones inalámbrico que usa una red de antenas adaptativa puede conseguir el mejor funcionamiento de sistema. En la práctica, sin embargo, hay aún algunos problemas técnicos cruciales que necesitan solucionarse. Por ejemplo en los sistemas adoptados de FDD, cómo decidir la ponderación del haz de
40 transmisión de acuerdo con la ponderación del haz de recepción es uno de los problemas que limita el desarrollo de la antena adaptativa.

El procedimiento de la idea más sencilla es estimar el parámetro de canal inconexo con la frecuencia de los datos del enlace ascendente recibidos, tal como la DOA, y a continuación generar el haz de transmisión en base al parámetro para la DOA tal como el haz con puntos del mayor lóbulo. Sin embargo, este procedimiento tiene algunos
45 inconvenientes: (1) como el entorno del canal es complicado y variable, la trayectoria con dirección definida no está siempre disponible; (2) como no se considera la DOA de otros usuarios, el haz formado puede interferir a los otros usuarios extraordinariamente; (3) el algoritmo para la estimación de la DOA es relativamente complejo.

En el documento "tecnología de combinación de formación del haz del enlace descendente y el receptor Rake del enlace ascendente" publicado por Diario del Instituto de Comunicaciones de China, Vol. 22, N° 3, de Marzo de 2001, Wang Anyi, Bao Zhen, y Liao Guisheng propusieron otra solución en la que la optimización del haz del enlace
50 descendente se define como la maximización de la potencia de recepción promedio del usuario deseado y entre tanto se mantienen la adición de la potencia de ruido y la potencia promedio recibida por los otros usuarios menor que o igual a un voltaje constante P_{imax} . Esta norma de optimización adopta por sí misma un procedimiento de compromiso, y el funcionamiento de la ponderación óptima del enlace descendente obtenido no es tan bueno como el de la ponderación del enlace ascendente, de modo que este procedimiento no es el mejor.

55 El FDD es el procedimiento de comunicaciones dúplex usado más ampliamente. La conversión de la ponderación de recepción y transmisión en el FDD es una de las tecnologías clave en la implementación de la antena inteligente adaptativa.

Además, como se ha establecido anteriormente, la tecnología que usa la transmisión de diversidad en el espacio es un procedimiento más efectivo para aumentar la calidad de la señal. Sin embargo, la diversidad de la transmisión actual se realiza por medio de dos antenas espaciadas una gran distancia, de modo que es otro problema relativamente difícil cómo realizar la diversidad de transmisión por una red de antenas inteligente (la distancia de las antenas adyacentes es de sólo aproximadamente la mitad de una longitud de onda).

En el documento "Antena Inteligente para Comunicaciones Inalámbricas: Aplicaciones de IS-95 y CDMA de la Tercera Generación" de Joseph C. Liberti, Jr., se desvela un procedimiento de diversidad que usa una red de dos antenas, pero el procedimiento obviamente es muy costoso.

ArrayComm Co, una compañía cuyo servicio es principalmente de antenas inteligentes adaptativas, ha estado realizando esfuerzos para combinar la diversidad y la antena inteligente. Su procedimiento es dividir una red de antenas común en dos partes. Por ejemplo una red de antenas de 4 elementos de red se divide en 2 redes de antenas de 2 elementos de red que están posicionadas de forma separada para la diversidad de recepción y transmisión. En este procedimiento, las ventajas de la diversidad de transmisión se obtienen al precio de reducir el funcionamiento de la antena inteligente, que da como resultado un efecto que puede que no sea deseable.

El documento US 6018317 A desvela un procedimiento y un aparato para el procesamiento de señales del mismo canal recibidas en una red de sensores en un procesamiento de señal de base acumulativa y un dispositivo de separación para obtener un conjunto deseado de señales o parámetros de salida. Para su uso en un sistema de recuperación de señal, las señales de salida se recuperan y se separan las versiones de las señales del mismo canal transmitidas originalmente. Especialmente, el sistema de base acumulativa genera un vector de dirección generalizado estimado asociado con cada una de las fuentes de señal, y representativo de todas las componentes coherentes de la señal atribuibles a la fuente, de este modo, funciona bien en condiciones de multi-trayectoria, combinando todas las componentes coherentes multi-trayectoria procedentes de la misma fuente. En un sistema de receptor/transmisor, los vectores de dirección generalizados estimados asociados con cada una de las fuentes se usan para generar los vectores de ponderación de un primer haz de transmisión que permite la transmisión en el mismo canal a múltiples estaciones de usuario.

Por lo tanto, cómo decidir la ponderación del haz de transmisión aplicada a la diversidad de transmisión de una antena inteligente en base a la ponderación del haz de recepción no está aún establecido.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de conversión lineal para un vector de ponderación de recepción y transmisión de una antena inteligente aplicado a un sistema de comunicaciones móviles FDD.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de conversión para el vector de ponderación de recepción y transmisión de una antena inteligente integrado con la recepción Rake y la diversidad de transmisión.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para decidir una ponderación de transmisión de una red de antenas, caracterizado porque la ponderación de transmisión se decide en base a la ponderación de recepción de la red de antenas en un sistema de comunicaciones FDD, y el procedimiento incluye:

- una etapa de decidir los vectores de dirección de recepción de una red de antenas de acuerdo con la diferencia de fase de la misma señal recibida por cada uno de los elementos de la red en una red de antenas;
- una etapa de decidir los vectores de dirección de transmisión de la red de antenas de acuerdo con la diferencia de fase de la señal de transmisión recibida por un receptor cuando cada uno de los elementos de la red en la red de antenas transmite una señal;
- una etapa de decidir la relación entre las ponderaciones de recepción y transmisión y los vectores de dirección de la red de recepción y la red de transmisión de acuerdo con un principio de varianza mínima de los patrones de haz de recepción y transmisión;
- una etapa de decidir una matriz de conversión de la ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con la relación entre las ponderaciones de recepción y transmisión y los vectores de dirección de la red de recepción y la red de transmisión; y
- una etapa de obtener una ponderación de transmisión correspondiente por la matriz de conversión de ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con la ponderación de recepción obtenida a partir de la señal recibida por la red de antenas.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona otro procedimiento para decidir una ponderación de transmisión de una red de antenas, caracterizado porque la ponderación de transmisión se decide en base a la ponderación de recepción de la red de antenas en un sistema de comunicación FDD, y el procedimiento incluye:

- una etapa de ponderación de una señal de transmisión con cierta ponderación de transmisión y a continuación transmitir con una frecuencia de transmisión por una red fija de antenas;
- una etapa de recepción de la señal de transmisión por una pluralidad de transceptores espaciados una cierta distancia desde la red de antenas;

una etapa de registrar la intensidad de la señal recibida por los transceptores y transferir la intensidad de la señal detectada a un supervisor;

una etapa de obtener un patrón del haz de transmisión de la red de antenas en el supervisor de acuerdo con la intensidad de señal recibida por los transceptores posicionados con diversos ángulos;

5 una etapa de transmitir señales con la misma potencia de transmisión por la pluralidad de transceptores de acuerdo con una frecuencia de recepción de la red de antenas;

una etapa de recibir por la red de antenas la señal transmitida por la pluralidad de transceptores, ponderándola con un vector de ponderación de recepción prefijado en el supervisor y a continuación transferir la señal ponderada al supervisor;

10 una etapa de obtener un patrón del haz de recepción de la red de antenas en el supervisor de acuerdo con la intensidad de la señal recibida;

una etapa de ajustar y obtener un vector de ponderación de recepción de la red de antenas en el supervisor comparando el patrón del haz de transmisión con el patrón del haz de recepción de la red de antenas obtenido para obtener un par de vectores de ponderación de recepción y transmisión que satisfacen un principio de varianza mínima de los patrones de haz de recepción y transmisión;

15 una etapa de cambiar el vector de ponderación de transmisión de la red de antenas, y repetir las etapas anteriores para obtener otro vector correspondiente de ponderación de recepción por repetición;

una etapa de decidir una matriz de conversión de la ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con la pluralidad de pares de vectores de ponderación de recepción y transmisión a partir de las etapas anteriores; y

20 una etapa de obtener una ponderación de transmisión correspondiente por la matriz de conversión de ponderación de recepción y transmisión anterior de acuerdo con la ponderación de recepción obtenida a partir de la señal recibida por la red de antenas.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para decidir una ponderación de transmisión de una red de antenas, caracterizado porque la ponderación de transmisión se decide convirtiendo una ponderación de recepción de la red de antenas combinada de la recepción Rake y la diversidad de transmisión, y el procedimiento incluye:

una etapa de recepción Rake de espacio y tiempo, en la que el procedimiento de banda base de la antena inteligente se implementa para cada una de las multi-trayectorias distinguibles en el tiempo en el receptor Rake de modo que forman los vectores de ponderación del haz de recepción correspondientes, y siendo el número de vectores de ponderación de recepción igual al número de multi-trayectorias involucradas en la combinación de energía en el receptor Rake;

30 una etapa de elegir la ponderación de recepción, en la que de acuerdo con una indicación desde una señal de control para implementar la diversidad de transmisión, se elige un vector de ponderación del haz con la mejor calidad de la señal recibida correspondiente a partir de cada uno de los vectores de ponderación del haz de recepción;

35 una etapa de combinación de las ponderaciones de recepción, en la cual de acuerdo con la indicación desde una señal de control para implementar la diversidad de transmisión, se añaden algebraicamente los vectores de ponderación correspondientes para obtener un vector de ponderación;

40 una etapa de conversión de la ponderación de recepción, en la cual el vector de ponderación obtenido por la etapa anterior se convierte en una ponderación del haz de transmisión por una matriz de conversión de la ponderación de recepción y transmisión; y

una etapa de transmitir la señal de ponderación, en la cual de acuerdo con la indicación desde una señal de control para implementar la diversidad de transmisión, se implementa la ponderación del haz sobre los datos a transmitir usando la ponderación del haz de transmisión obtenida a partir de la etapa anterior, y se envía la señal ponderada a un sistema de RF para su transmisión.

45

De acuerdo con el procedimiento para decidir la ponderación de transmisión sobre la ponderación de recepción de la red de antenas en un sistema de comunicaciones móviles FDD en la presente invención, puede realizarse la actualización de la ponderación de transmisión continuamente con la actualización de la ponderación de recepción durante la comunicación usando la matriz de conversión de ponderación.

50

El procedimiento para la conversión de la ponderación de recepción y transmisión de la red de antenas combinada de la recepción Rake y la diversidad de transmisión, de acuerdo con la presente invención, combina el receptor Rake con la diversidad de transmisión de una antena inteligente, elige la ponderación del haz de recepción adecuada para formar la ponderación del haz de transmisión utilizando la característica del receptor Rake de espacio y tiempo, a continuación implementa la diversidad de transmisión de la señal a través de dos haces con pequeña coherencia. En comparación con la tecnología actual de diversidad de transmisión, este procedimiento combina el procedimiento de espacio de la antena inteligente. Su ganancia de dirección mejora dramáticamente, se reduce la potencia de transmisión, y la polución electromagnética y la interferencia del canal de transmisión se reducen. Entre tanto el procedimiento aplica la tecnología de la diversidad de transmisión a la antena inteligente usando la información recibida por el receptor Rake, a continuación se utilizan completamente la característica de espacio de la señal y las ventajas de la diversidad de transmisión y se mejora el funcionamiento del sistema. Realiza satisfactoriamente la diversidad de transmisión de la red de antenas inteligente en la cual la distancia entre antenas adyacentes es sólo de media longitud de onda.

55

60

Breve descripción de los dibujos

Se realizarán ilustraciones adicionales con los dibujos adjuntos, en los que

la Figura 1 es un diagrama de flujo del procedimiento de conversión lineal para la ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con la presente invención;

- 5 la Figura 2 es una patrón de haz correspondiente a la ponderación de recepción aplicada a una red en línea;
- la Figura 3 es una patrón de haz correspondiente a la ponderación de transmisión aplicada a una red en línea;
- la Figura 4 es una patrón de haz correspondiente a la ponderación de recepción aplicada a una red circular;
- la Figura 5 es una patrón de haz correspondiente a la ponderación de transmisión aplicada a una red circular;
- 10 la Figura 6 es un diagrama de flujo del procedimiento de conversión de ponderación para una antena inteligente combinada de recepción Rake y diversidad de transmisión de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 7 es un diagrama esquemático de la propagación multi-trayectoria;
- la Figura 8 es un patrón de haz correspondiente a la trayectoria de señal más fuerte, obtenida por el receptor Rake de espacio y tiempo, en el entorno de propagación de la Figura 7;
- 15 la Figura 9 es un patrón de haz correspondiente a la trayectoria de la segunda señal más fuerte, obtenida por el receptor Rake de espacio y tiempo, en el entorno de propagación de la Figura 7;
- la Figura 10 es un patrón de haz de la diversidad de transmisión obtenida por medio de la conversión de ponderación en el entorno de propagación de la Figura 7; y
- la Figura 11 es un patrón del haz de transmisión obtenido por medio de la conversión de ponderación cuando el nivel más alto no adopta la diversidad de transmisión, en el entorno de propagación de la Figura 7.

20 Descripción de las realización(es) preferida(s)

El receptor y transmisor en la presente invención pueden ser estaciones móviles y dispositivos de recepción y transmisión incluyendo también el procedimiento banda base en la estación base.

25 La clave del procedimiento para la conversión de ponderación de recepción y transmisión de la antena inteligente aplicada en el sistema de comunicaciones móviles FDD en la presente invención es que, de acuerdo con la deducción de teorías, la ponderación de recepción y la ponderación de transmisión con patrones de haz consistentes pueden conformar una relación de conversión lineal para una frecuencia de recepción, y una frecuencia de transmisión determinadas y una cierta red de antenas en el sistema de comunicaciones móviles. Siempre que la matriz de conversión lineal se calcule de acuerdo con un modelo de teoría adecuado, o si se mide de acuerdo con la red de antenas real, la conversión de ponderación de recepción y transmisión puede implementarse usando la matriz de conversión durante la comunicación.

30 En un sistema de antena inteligente, las señales recibidas por los diferentes elementos de la red en una red de antenas se ponderan y se combinan usando diferentes vectores de ponderación de números complejos. Estas ponderaciones pueden verse como diversas componentes de un vector. Un vector de ponderación para la ponderación de las señales recibidas puede llamarse como un vector de ponderación de recepción, o de forma más corta una ponderación de recepción. De forma similar, las señales enviadas a cada uno de los elementos de la red de antenas también deberían ponderarse usando diferentes vectores de ponderación de números complejos. Las ponderaciones pueden constituir vectores de ponderación de transmisión. Sin embargo, debido a que la frecuencia de recepción es diferente de la frecuencia de transmisión en un sistema FDD, la ponderación de recepción y la ponderación de transmisión también deberían ser diferentes y debería implementarse cierta conversión para asegurar que los patrones de haz de recepción y transmisión son consistentes.

35 Asumamos que una red de antenas está compuesta de M elementos de la red de antenas, y cada uno de los elementos de la red está dispuesto sobre el mismo plano en una secuencia aleatoria. Las coordenadas polares de cada elemento de la red son $(r_1, \varphi_1), (r_2, \varphi_2), \dots, (r_M, \varphi_M)$, respectivamente. Cada uno de los elementos de la red tiene su función patrón de la dirección de radiación $R_m(\theta)$, $m = 1, 2, \dots, M$, siendo $\theta \in [0, 2\pi]$. Una frecuencia central de la señal recibida es $f_r = c/\lambda_r$, en donde, c es la tasa de propagación de la onda electromagnética en el aire, λ_r es la longitud de onda portadora de las señal recibida. Como el tamaño de la red de antenas es pequeño en comparación con la distancia entre la fuente de señal y la red de antenas, se considera que la señal llega a la red de antenas en la forma de un onda plana, y que las amplitudes son las mismas cuando la señal llega en cada uno de los elementos de la red de antenas. Sin embargo, debido a las diferencias de trayectoria de la onda con que llega la señal en cada uno de los elementos de la red de antenas, las fases de la misma señal recibida por cada uno de los elementos de la red son diferentes. Para una señal que llega con un ángulo θ , tomando el origen como punto de referencia de fase, la fase ψ_m en el elemento m es:

$$\Psi_m = -\beta_r r_m \cos(\varphi_m - \theta), \quad \beta_r = 2\pi / \lambda_r \quad (1)$$

40 La respuesta de los diferentes retardos de fase producidos por los diferentes elementos de la red para una señal, se llaman respuestas de la red, que pueden construir un vector:

$$V_r(\theta) = \begin{bmatrix} R_1(\theta)e^{j\psi_1} \\ R_2(\theta)e^{j\psi_2} \\ \vdots \\ R_M(\theta)e^{j\psi_M} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1(\theta)e^{-j\beta_1 r_1 \cos(\phi_1 - \theta)} \\ R_2(\theta)e^{-j\beta_2 r_2 \cos(\phi_2 - \theta)} \\ \vdots \\ R_M(\theta)e^{-j\beta_M r_M \cos(\phi_M - \theta)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Este vector se llama vector de dirección de recepción de la red. Es una función del ángulo de DOA θ , y está relacionado con la frecuencia de funcionamiento. Si la red de antenas transmite una señal, y la otra parte la recibe en la dirección θ , las fases de la señal de transmisión recibida por cada uno de los elementos de la red de antenas en la otra parte son diferentes. De forma similar, asumamos que la frecuencia de transmisión es f_t , la longitud de onda correspondiente es λ_t , $\beta_t = 2\pi / \lambda_t$, entonces el vector de dirección de transmisión de la red es:

$$V_t(\theta) = \begin{bmatrix} R_1(\theta)e^{-j\beta_1 r_1 \cos(\phi_1 - \theta)} \\ R_2(\theta)e^{-j\beta_2 r_2 \cos(\phi_2 - \theta)} \\ \vdots \\ R_M(\theta)e^{-j\beta_M r_M \cos(\phi_M - \theta)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Incluso si los elementos de la red están dispuestos en un espacio de tres dimensiones, los vectores de dirección de recepción y transmisión también pueden obtenerse. Solamente la expresión del vector de dirección es más compleja.

Asumamos que una ponderación de recepción de una antena inteligente es un vector fila W_r de números complejos de dimensión M , una ponderación de transmisión es un vector fila W_t de números complejos de dimensión M , el vector de dirección fila de números complejos de dimensión M con la dirección del ángulo de DOA θ mientras se recibe es $V_r(\theta)$, y el vector de dirección fila de números complejos de dimensión M con la dirección de ángulo θ mientras se transmite es $V_t(\theta)$. De acuerdo con el principio de varianza mínima de los patrones de haz de recepción y transmisión, puede obtenerse la siguiente relación entre la ponderación de recepción y transmisión:

$$W_t = \left[\int_0^{2\pi} V_t(\theta)V_t^H(\theta)d\theta \right]^{-1} \left[\int_0^{2\pi} V_t(\theta)V_r^H(\theta)d\theta \right] W_r \quad (4)$$

En la ecuación anterior, el superíndice H denota la matriz transpuesta conjugada, y el superíndice -1 denota la matriz inversa. La ecuación anterior puede escribirse como:

$$W_t = T W_r \quad (5)$$

En donde la matriz de conversión T para M columnas y M filas es:

$$T = \left[\int_0^{2\pi} V_t(\theta)V_t^H(\theta)d\theta \right]^{-1} \left[\int_0^{2\pi} V_t(\theta)V_r^H(\theta)d\theta \right] \quad (6)$$

En un cálculo práctico, la forma dispersa de la ecuación (6) puede usarse también para el cálculo de datos. Dividiendo el intervalo de 0 a 2π en K elementos de sectores tantos como sea posible sin solaparse ni dejar huecos, el ancho del ángulo de cada uno de los sectores es tan pequeño como sea posible, $\Delta\theta_k$, y la dirección de cada uno de los sectores se denomina como θ_k :

$$T = \left[\sum_{k=1}^K \mathbf{v}_t(\theta_k) \mathbf{v}_t^H(\theta_k) \Delta\theta_k \right]^{-1} \left[\sum_{k=1}^K \mathbf{v}_t(\theta_k) \mathbf{v}_r^H(\theta_k) \Delta\theta_k \right] \quad (7)$$

La llamada varianza mínima entre los patrones de haz de recepción y transmisión es esencialmente la mejor consistencia del patrón del haz de recepción y transmisión, lo que significa que durante la comunicación, la dirección apuntada por el haz de recepción es justo la dirección a la que debería apuntar el haz de transmisión. De este modo, cuando se recibe puede mejorar la energía de la señal del usuario deseado tan alta como sea posible y entre tanto suprimir la energía de la señal de interferencia del usuario tan baja como sea posible; y cuando se transmite puede transmitir energía de RF a la dirección del usuario deseado tanta como pueda y la interferencia para los usuarios de las otras direcciones es tan baja como sea posible. A partir de la ecuación (7), puede verse que la conversión de ponderación de recepción y transmisión puede realizarse usando sólo un algoritmo simple de multiplicaciones y sumas, siempre que se determine la matriz de conversión lineal T. Esta es una característica de la presente invención.

La Figura 1 es un diagrama de flujo del procedimiento para la conversión de ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con la presente invención. La caja de procedimiento 101 corresponde a la primera etapa del procedimiento, la caja de procedimiento 102 corresponde a la segunda etapa del procedimiento, y la caja de procedimiento 103 corresponde a la tercera etapa del procedimiento. Lo siguiente es una ilustración detallada:

La primera etapa: cuando se diseña un transceptor, se decide una matriz de conversión de ponderación de recepción y transmisión. Si el transceptor necesita usar una pluralidad de pares de bandas de frecuencias simétricas, sólo se debería decidir una pluralidad de matrices de conversión. Hay muchos enfoques para decidir la matriz de conversión T, y varios ejemplos son como sigue:

1. Se calculan los vectores de dirección $\mathbf{v}_r(\theta)$ y $\mathbf{v}_t(\theta)$ en cada una de las direcciones durante las señales de recepción y transmisión (la agregación de vectores de dirección en cada una de las direcciones también puede llamarse un colector de la red) por la ecuación (2) ó (3) de acuerdo con las frecuencias de recepción y transmisión, la configuración de antena y los patrones de radiación de los elementos de la red designados, y a continuación se calcula la matriz de conversión T por la ecuación (6) o (7).
2. Se obtienen los vectores de dirección $\mathbf{v}_r(\theta)$ y $\mathbf{v}_t(\theta)$ en cada una de las direcciones de recepción y transmisión por la medición experimental de acuerdo con la red de antenas diseñada y el sistema correspondiente, y a continuación se calcula la matriz de conversión T usando la ecuación (6) ó (7). La medición para los vectores de dirección puede implementarse en un área abierta o en una habitación apantallada con un gran espacio. Para la medición de los vectores de dirección de recepción, puede colocarse una fuente de señal en un sitio fijo, y puede colocarse una red de antenas a varios metros de distancia (por ejemplo, 20 metros) de la fuente de señal. La red de antenas puede estar fija sobre una placa giratoria que puede girar horizontalmente. La red de antenas puede girar con la placa giratoria. La fuente de señal transmite señales con la frecuencia de recepción de la red de antenas, y la red de antenas recibe las señales. Registrando las amplitudes y las fases de la señal de recepción de cada uno de los elementos de la red de antenas cuando la red de antenas gira a cada una de las direcciones, se puede obtener $\mathbf{v}_r(\theta)$. De forma similar, cuando se miden los vectores de dirección de transmisión, la antena de recepción debería colocarse a varios metros de distancia (por ejemplo, a 20 metros) de la red de antenas. Cada uno de los elementos de la red de la red de antenas transmite la misma señal con la frecuencia de transmisión a su vez. Se miden las amplitudes y fases de las señales recibidas en la antena de recepción, y la red de antenas está girando a cada ángulo a medir y a continuación se obtiene $\mathbf{v}_t(\theta)$.
3. La mejor matriz de conversión con una varianza mínima se calcula en la ecuación (5) regulando directamente las ponderaciones de recepción y transmisión para conformar el patrón del haz de recepción estrechamente al patrón del haz de transmisión y a continuación encontrar más pares de tales ponderaciones de recepción y transmisión.

La regulación de la ponderación puede implementarse en un área abierta o en una habitación apantallada con un gran espacio. Se fija la red de antenas. Se colocan una pluralidad de transceptores (por ejemplo, 25) de forma uniforme sobre un círculo con centro en la red de antenas, que, para una red de antenas que se aplica a un sector, podría ser un arco correspondiente al ángulo del sector. La distancia entre los transceptores y la red de antenas debería ser lo suficientemente grande (por ejemplo, 20 metros). La red de antenas pondera la señal de transmisión con cierto vector de ponderación de transmisión, y a continuación transmite con una frecuencia de transmisión. Cada uno de los transceptores recibe la señal de transmisión desde la red de antenas, y mide la intensidad de las señales recibidas. Y a continuación se envían los resultados de la medición a un ordenador de supervisión. El ordenador de supervisión obtiene el patrón del haz de transmisión de la red de antenas de acuerdo con la intensidad de la señal recibida desde los transceptores situados en cada una de las direcciones. Al mismo tiempo, cada uno de los transceptores transmite las señales difundidas por un código de difusión diferente con la frecuencia de recepción de la red de antenas. La potencia de transmisión de cada transceptor es la misma. La red de antenas recibe y pondera las señales con los vectores de ponderación de recepción apuntados por el ordenador de supervisión. Y a

5 continuación se concentran las señales transmitidas por cada uno de los transceptores y se miden las intensidades de la señal recibida por cada uno de los transceptores. El resultado de la medición se envía al ordenador de supervisión de modo que se obtiene el patrón del haz de recepción de la red de antenas. El ordenador compara la diferencia entre los patrones del haz de recepción y transmisión, y ajusta el vector de ponderación de recepción de la red de antenas ligeramente y de forma aleatoria. Después del ajuste, el ordenador mide las diferencias entre los patrones de haz de recepción y transmisión. Si se reduce la diferencia, se recibe el ajuste. De lo contrario, debería volverse al estado anterior al ajuste, y debería implementarse otro ajuste de forma ligera y aleatoria. Los ajustes se implementan repetidamente para reducir la diferencia entre los patrones de haz de recepción y transmisión cada vez más. Cuando se reduce la diferencia a un cierto grado o no puede reducirse después de muchas veces (por ejemplo, 200 veces), se considera que ha terminado el ajuste. De este modo, se obtiene un par de ponderaciones de recepción y transmisión. A continuación, se cambia el vector de ponderación de transmisión de la red de antenas para hacer cada una de las componentes diferente de la componente correspondiente a la ponderación de transmisión en el par de ponderación de recepción y transmisión medidos. A continuación se averigua la ponderación de recepción correspondiente implementando el procedimiento anterior. Para la red de antenas con N elementos de red, la matriz de conversión puede obtenerse de acuerdo con la ecuación (5) siempre que se averigüen N pares de ponderaciones de recepción y transmisión. Para obtener una matriz de conversión más fiable, deberían averiguarse más pares de ponderación de recepción y transmisión, y puede obtenerse la mejor matriz de conversión bajo una varianza mínima usando la ecuación (5).

20 La segunda etapa: la información de datos de la matriz de conversión se almacena dentro del transceptor, y se proporcionan en los módulos de software y hardware del transceptor para realizar el algoritmo de la ecuación (5). La matriz de conversión es útil en todo momento. No importa como cambian los usuarios del móvil o si los teléfonos móviles se apagan o se reinician, la matriz de conversión obtenida por la primera etapa no debería cambiarse siempre que la estructura de la red de antenas y las frecuencias de recepción y transmisión no cambien. Debido a que hay sólo operaciones de multiplicación y suma en la ecuación (5), las condiciones software y hardware para la implementación del algoritmo de la ecuación (5) es relativamente simple, lo que puede realizarse usando un procesador digital de señales (DSP) en una situación en la que la velocidad de actualización no sea elevada, o usando una red de puertas programables en campo (FPGA) o un chip especial en la situación de alta velocidad de actualización.

30 La tercera etapa: durante la comunicación, actualizando continuamente la ponderación de recepción, la ponderación de transmisión se actualiza por cierto software y hardware de acuerdo con la ecuación (5) de modo que se mantenga la consistencia entre los patrones de haz de recepción y transmisión en todo momento.

El procedimiento anterior puede aplicarse a cualquier forma de red incluyendo la red en línea, la red circular y cualquier sistema multi-acceso incluyendo el CDMA y el TDMA. Tiene una amplia aplicabilidad.

El procedimiento de la presente invención puede simularse como sigue.

35 Las Figuras 2 y 3 son patrones de haz cuando se aplica el procedimiento de la presente invención a la red en línea con partición equidistante. La ponderación de recepción se genera aleatoriamente. El número de elementos de la red M es de 8. La frecuencia de recepción (LongOndaAscendente) es de 1920 MHz, y la frecuencia de transmisión (LongOndaDescendente) es de 2110 MHz. La distancia entre los elementos adyacentes de la red es la mitad de una longitud de onda de la señal de transmisión. Cada uno de los elementos de la red es una antena omni-direccional. En la Figura 2, la curva 201 es un patrón de haz correspondiente a la ponderación de recepción generada aleatoriamente. La dirección de su haz principal es aproximadamente de 62 grados (debido a que la red en línea omni-direccional es simétrica respecto al eje, es decir el patrón del haz del semicírculo inferior y el del semicírculo superior son iguales, no se necesita considerar el semicírculo inferior). La matriz de conversión de ponderación puede deducirse de acuerdo con el modelo anterior. En el procedimiento de deducción, el círculo se divide en 360 sectores iguales, y la matriz de conversión T puede deducirse por la ecuación (7). En la Figura 3, la curva 301 es el patrón del haz de la ponderación de transmisión después de la conversión lineal. Comparando con la LongOndaAscendente en la Figura 2, la diferencia entre las mismas es muy pequeña. Por lo tanto, puede verse que el procedimiento de la presente invención es realmente efectivo.

50 Las figuras 4 y 5 son patrones de haz cuando se aplica el procedimiento de la presente invención a una red circular. Se genera una ponderación de recepción aleatoriamente. El número de elementos de la red M es de 8. La frecuencia de recepción (LongOndaAscendente) es de 1920 MHz, la frecuencia de transmisión (LongOndaDescendente) es de 2110 MHz. El factor de la red completa de la red circular $\text{rou} = 1$, el radio de la red circular $R = \text{rou} * M * \text{LongOndaDescendente} / 4\pi$, y los elementos de la red se distribuyen a lo largo del círculo de la misma forma. Cada uno de los elementos de la red es una antena omni-direccional. En la Figura 4, la curva 401 es un patrón de haz correspondiente a la ponderación del enlace ascendente generada aleatoriamente. Forma una ganancia del haz más elevada en las direcciones de 35 grados, 85 grados, 135 grados, 230 grados, etc., y forma un Nulo más bajo en las direcciones de 60 grados, 110 grados, 195 grados, 255 grados, 300 grados 350 grados, etc. La matriz de conversión de ponderación se obtiene a partir del modelo anterior. En este procedimiento, el círculo está dividido en 360 sectores iguales, y la matriz de conversión T se obtiene por la ecuación (7). En la Figura 5, la curva 501 es el patrón del haz de la ponderación de transmisión después de la conversión lineal. Comparándola con la dirección del haz de la ponderación del enlace ascendente en la Figura 4, la diferencia entre el Nulo del haz y la

dirección del lóbulo principal/lateral es muy pequeña. Por lo tanto, puede verse que el procedimiento de la presente invención es realmente efectivo.

De hecho, no importa la clase de forma de la red, todas ellas tienen una red de colector, de modo que la matriz de conversión de ponderación lineal puede calcularse con precisión por la ecuación (6) ó (7).

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo de la conversión de ponderación de la antena inteligente combinada de un receptor Rake y diversidad de transmisión de acuerdo con la presente invención. Su concepto central es que el receptor Rake produce una ponderación (es decir, un vector de ponderación) correspondiente a cada una de las multi-trayectorias respectivamente. De entre las ponderaciones, se eligen las ponderaciones correspondientes a la multi-trayectoria con mejor señal, y a continuación se combinan o no se combinan de acuerdo con el requisito de diversidad de transmisión de modo que formen una o dos ponderaciones. A continuación, tales una o dos ponderaciones son la conversión lineal de recepción y transmisión implementada por la matriz de conversión de ponderación para obtener la ponderación de transmisión. La señal de transmisión se pondera para el haz usando esta ponderación de transmisión.

15 El procedimiento para la conversión de ponderación de recepción y transmisión de la antena inteligente combinada de la recepción Rake y la diversidad de transmisión, de acuerdo con la presente invención, incluye las siguientes etapas:

La primera etapa es la recepción Rake de espacio y tiempo. El procedimiento de banda base de la antena inteligente se implementa sobre cada una de las multi-trayectorias distinguibles en el tiempo en el receptor Rake para formar un vector de ponderación del haz de recepción. De este modo, el número de vectores de ponderación del haz de recepción n es el número de multi-trayectorias en el receptor Rake involucradas en la combinación de energía. Si el número de vectores de ponderación $n = 1$, el vector de ponderación se define como W_r y va a la cuarta etapa; si n no es igual a 1, entonces comienza la segunda etapa.

20 La segunda etapa es la elección del valor de ponderación. Se comprueba si el nivel más alto de la estación base ha indicado implementar la diversidad de transmisión. Si se necesita la diversidad de transmisión, se eligen dos o más vectores de ponderación del haz correspondientes a señales buenas (más allá de un cierto umbral), de entre los vectores de ponderación de cada uno de los haces de recepción. Si no se necesita la diversidad de transmisión, se eligen uno o más vectores de ponderación de haz correspondientes a las señales buenas de entre los vectores de ponderación de cada uno de los haces de recepción. Al menos, los vectores de ponderación elegidos son W_{r1} , W_{r2} , ..., W_{rn} en la secuencia de la calidad de la señal de recepción correspondiente de buena a mala.

30 La tercera etapa es la combinación de ponderación. Si se necesita la diversidad de transmisión, todos los vectores de ponderación (W_{r2} , ..., W_{rn}) excepto el vector de ponderación (W_{r1}) correspondiente a la mejor señal se añaden para obtener un nuevo vector de ponderación W_{rb} . Si no se necesita la diversidad de transmisión, todos los vectores de ponderación W_{r1} , W_{r2} , ..., W_{rn} se añaden para obtener un vector de ponderación del canal W_r .

35 La cuarta etapa es la conversión lineal. Bajo el principio de mantener las formas del haz de recepción y transmisión básicamente sin cambios, las una (W_r) o dos (W_{r1} , W_{rb}) ponderaciones de haz obtenidas en las etapas anteriores se convierten en una (W_t) o dos (W_{t1} , W_{t2}) ponderaciones del haz de transmisión correspondientes a la frecuencia de transmisión usando el procedimiento de conversión lineal de ponderación de recepción y transmisión.

40 La quinta etapa es la diversidad de transmisión. Si se obtienen dos ponderaciones del haz de transmisión W_{t1} , W_{t2} , en la cuarta etapa (en este punto un mayor nivel indica implementar la diversidad de transmisión), las dos señales de la diversidad de trayectoria son las ponderaciones del haz implementadas respectivamente con las dos ponderaciones del haz de transmisión, y a continuación se envían al sistema de RF para la transmisión. Si se obtiene una ponderación del haz de transmisión W_t en la cuarta etapa, los datos a transmitir son la ponderación del haz implementada con W_t , y a continuación se envían al sistema de RF para su transmisión.

45 Las etapas anteriores se describen de acuerdo con el flujo de señal. En el procedimiento práctico de comunicación todas las etapas se realizan simultáneamente.

En la Figura 6, la caja de procedimiento 601.a la caja de decisión 601.b corresponden a la primera etapa, implementando el procedimiento Rake de espacio y tiempo sobre las señales recibidas. Cada una de las multi-trayectorias tiene un vector de ponderación de recepción. Si hay sólo una multi-trayectoria, salta a la caja de procedimiento 604.a; en caso contrario va a la caja de decisión 602.a para decidir si es necesaria la diversidad de transmisión. Si es necesaria la diversidad de transmisión por el nivel más alto, las cajas de procedimiento 602.b1, 603.a1, 604.a1, 605a1 se implementan a su vez para elegir uno o más vectores de ponderación de haz correspondientes a buenas señales de recepción a partir de los vectores de ponderación del haz de recepción. Si el número de vectores de ponderación del haz es mayor que dos, todos los vectores de ponderación excepto el vector de ponderación correspondiente a la mejor señal se añaden para obtener un nuevo vector de ponderación, y a continuación los dos vectores de ponderación del haz de recepción se convierten en dos vectores de ponderación del haz de transmisión por el procedimiento de conversión lineal de ponderación de recepción y transmisión, de modo que las formas del haz de transmisión y recepción son básicamente las mismas. A continuación las dos

señales de diversidad de trayectoria son la operación de ponderación del haz implementada con los dos vectores de ponderación del haz de transmisión, y a continuación se envían al sistema de RF para su transmisión. Si el nivel más alto no instruye la diversidad de transmisión, las cajas de procedimiento 602.b2, 603.a2, 604.a2, 605a2 se implementan por a su vez. En comparación con la diversidad de transmisión, bajo esta situación, sólo necesita combinarse con un vector de ponderación. Uno o más vectores de ponderación de haz con buena calidad se eligen de entre los vectores de ponderación de recepción. A continuación se añaden los vectores de ponderación para obtener un nuevo vector de ponderación de recepción. A continuación el vector de ponderación de recepción se convierte en el vector de ponderación del haz de transmisión por el procedimiento de conversión de ponderación de recepción y transmisión. Finalmente, los datos a transmitir es la operación de ponderación del haz implementada con el vector de ponderación del haz de transmisión, y a continuación se envían al sistema de RF para su transmisión. La caja de decisión 602.a y las cajas de procedimientos 602.b1, 602.b2 corresponden a la segunda etapa en el procedimiento. Las cajas de procedimientos 603.a1, 603.a2 corresponden a la tercera etapa en el procedimiento. Las cajas de procedimiento 604.a1, 604.a2 corresponden a la cuarta etapa en el procedimiento. Y las cajas de procedimiento 605.a1, 605.a2 corresponden a la quinta etapa en el procedimiento.

Ahora ilustramos el efecto del procedimiento de la presente invención con los ejemplos particulares siguientes.

La Figura 7 es un esquema de propagación multi-trayectoria. Las señales transmitidas por la estación móvil 701 llegan a la antena 702 en la estación base a través de tres trayectorias. La señal que llega a la estación base a través de la trayectoria de transmisión directa 711 tiene la mayor energía (generalmente, la calidad es la mejor). La señal a través de la trayectoria de reflexión 712 reflejada por la barrera 703 tiene menos energía. La señal a través de la trayectoria de reflexión 713 reflejada por la barrera 704 tiene la menor energía. La señal desde la estación móvil 701 es la señal deseada a procesar. Además, hay otras dos estaciones móviles 705 y 706 en la figura. Para el procedimiento de comunicación en el que la estación base recibe la señal transmitida por la estación móvil 701, las señales procedentes de estas dos estaciones móviles son una señal de interferencia. La señal desde la estación móvil 705 llega a la red de antenas de la estación base a través de las trayectorias 751 y 752. La señal desde la estación móvil 706 llega a la red de antenas de la estación base a través de la trayectoria 761.

La Figura 8 es un patrón de haz correspondiente al vector de ponderación correspondiente a la trayectoria más fuerte 711 en el receptor de ramas de espacio y tiempo según el entorno de la Figura 7, durante la recepción Rake del espacio y tiempo. En este punto asumimos que la red de antenas es una red en línea uniforme de 8 elementos, que se aplica a una cobertura de un sector de 120 grados. El que nos concierne es un intervalo desde 30 grados a 150 grados. El radio de coordinación polar en la figura significa la ganancia de amplitud de la señal en la dirección específica. Puede verse desde el haz 801 en la Figura que la ganancia de señal es muy grande en el área alrededor de los 105 grados, pero muy pequeña en las otras direcciones. De ese modo, la señal útil que pasa a través de la trayectoria 711 en la Figura 7 puede recibirse bien, y la señal desde otras direcciones puede suprimirse como interferencia.

La Figura 9 es un patrón de haz correspondiente a la segunda trayectoria más fuerte 712 según el entorno de la Figura 7, a saber el patrón de haz correspondiente a otra ponderación en el receptor de rama de espacio y tiempo. Similar al haz 801 en la Figura 8, el haz 901 en la Figura 9 tiene una gran ganancia alrededor de 50 grados, mientras que en las otras direcciones las ganancias son pequeñas, de modo que la señal útil que pasa a través de la trayectoria 712 en la Figura 7 puede recibirse bien, y la señal desde las otras direcciones puede suprimirse como interferencia. Finalmente, la energía de cada una de las señales multi-trayectoria puede combinarse por la combinación multi-trayectoria de Rake.

Para la señal que llega a la estación base a través de la trayectoria 713, debido a que la energía es demasiado baja para utilizarse, el receptor Rake puede utilizar o no esta trayectoria para formar otro haz.

La Figura 10 es un patrón de haz de la diversidad de transmisión según el entorno de la Figura 7. Durante la conversión de la ponderación de recepción y transmisión, se eligen los vectores de ponderación de recepción correspondientes al haz 801 y 901 de buena calidad, y a continuación se convierten en dos ponderaciones de transmisión por el procedimiento de conversión lineal de ponderación de recepción y transmisión. Los haces de transmisión correspondientes son el haz 101 y el haz 102. Para las dos trayectorias de la señal de la diversidad de transmisión, una se transmite a través del haz 101, la otra se transmite a través del haz 102. El haz 101 corresponde al haz 801 en la Figura 8, y la señal a través de este haz se transmitirá desde la red de antenas de la estación base a la estación móvil 701 a través de la trayectoria 711 en la Figura 7.

El haz102 corresponde al haz 901 en la Figura 9, y la señal a través de este haz se transmitirá desde la red de antenas de la estación base a la estación móvil 701 a través de la trayectoria 712 en la Figura 7. Como los dos haces tienen buena característica direccional, este procedimiento causa interferencias muy pequeñas a las estaciones móviles en otras direcciones (por ejemplo, las estaciones móviles 705 y 706 en la Figura 7), cuando se realiza la diversidad de transmisión común, lo que contribuye altamente al aumento de la calidad y la capacidad de la comunicación y a disminuir la potencia del sistema.

La Figura 11 es un patrón de haz solapado por dos ponderaciones de haz desconocidas bajo el entorno de la Figura 7. Si el nivel alto no indica la diversidad de transmisión, los vectores de ponderación correspondientes al haz 801 en

la Figura 8 y el haz 901 en la Figura 9 se suman para obtener un patrón de haz correspondiente a un nuevo vector de ponderación de acuerdo con el procedimiento de conversión de ponderación de recepción y transmisión. En el patrón de haz, hay dos lóbulos más grandes 111 y 112 que apuntan a la dirección de 105 grados y 50 grados respectivamente. Los datos de usuario se transmiten a través del haz, y pueden llegar a la estación móvil 701 desde la red de antenas de la estación base a través de las trayectorias 711 y 712 en la Figura 7, lo que genera poca interferencia a las otras estaciones móviles 705 y 706. En la estación móvil 701, las señales a través de los dos lóbulos pueden recibirse y combinarse por el receptor Rake de la estación móvil. El procedimiento de conversión de recepción y transmisión realiza otra clase de diversidad de transmisión para cierto grado. Este procedimiento tiene el efecto similar al de la diversidad de transmisión convencional (por ejemplo, la diversidad de transmisión de bucle abierto, la diversidad de transmisión de bucle cerrado), y es más fácil para la estación móvil implementar el procedimiento de recepción. También, la interferencia para los otros usuarios es pequeña, y la potencia necesaria es más baja. Además, en comparación con el sistema de antena inteligente con un haz de dirección, este procedimiento de transmisión puede resistir de forma eficaz la diversidad de multi-trayectorias causada por el movimiento de la estación móvil, y la estabilidad y robustez del sistema de la antena inteligente se mejoran.

En conclusión, el procedimiento de conversión lineal de ponderación de recepción y transmisión de la presente invención hace sólo cálculos de una matriz lineal e involucra sólo operaciones de suma y multiplicación, lo cual es simple. El procedimiento puede minimizar la varianza entre los patrones del haz correspondientes a las ponderaciones de recepción y transmisión, de modo que la consistencia de los patrones de haz de recepción y transmisión es muy buena. El procedimiento de conversión lineal de ponderación de recepción y transmisión resuelve el problema clave en la tecnología de antenas inteligentes – la conversión de ponderación de recepción y transmisión en el sistema FDD, lo que elimina un gran obstáculo para la antena inteligente en el sistema FDD y tiene un gran significado.

El procedimiento de conversión lineal de ponderación de recepción y transmisión combinado del receptor Rake y la diversidad de transmisión, de acuerdo con la presente invención, puede hacer un uso completo de la información recibida por el receptor Rake, y utilizar la tecnología de diversidad de transmisión en la antena inteligente hábilmente. Incluso cuando el nivel alto no indica diversidad de transmisión, el procedimiento puede aún hacer que la ponderación del haz de transmisión tenga la función de la diversidad de transmisión, de modo que la señal de transmisión puede llegar a la otra parte a través de una pluralidad de las mejores trayectorias. El procedimiento resuelve el problema de cómo combinar orgánicamente la antena inteligente y la diversidad de transmisión. En comparación con los sistemas de comunicación móviles actuales que sólo usan cierta tecnología, el procedimiento de la presente invención tiene ciertas ventajas.

El procedimiento de la presente invención puede aplicarse a cualquier red, y el sistema de comunicación de antena inteligente de FDD que usa tecnología multi-acceso, lo que tiene una amplia aplicabilidad.

35

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para decidir un vector de ponderación de transmisión de una antena red **caracterizado porque** el vector de ponderación de transmisión se decide en base a un vector de ponderación de recepción de una red de antenas en un sistema de comunicaciones FDD, y el procedimiento incluye:

- 5 una etapa de decidir los vectores de dirección de recepción de una red de antenas de acuerdo con la diferencia de fase de la misma señal recibida por cada uno de los elementos de la red en una red de antenas; una etapa de decidir los vectores de dirección de transmisión de la red de antenas de acuerdo con la diferencia de fase de la señal de transmisión recibida por un receptor cuando cada uno de los elementos de la red en la red de antenas transmite señal;
- 10 una etapa de decidir la relación entre los vectores de ponderación de transmisión y recepción y los vectores de dirección de la red de recepción y la red de transmisión de acuerdo con un principio de varianza mínima de los patrones de haz de recepción y transmisión;
- 15 una etapa de decidir una matriz de conversión de los vectores de ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con la relación entre los vectores de ponderación de recepción y transmisión y los vectores de dirección de la red de recepción y la red de transmisión (101); y
- una etapa de obtener un vector de ponderación de transmisión correspondiente por la matriz de conversión de vectores de ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con el vector de ponderación de recepción obtenido a partir de la señal recibida por la red de antenas (103).

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los vectores de dirección de recepción y los vectores de dirección de transmisión pueden decidirse por las frecuencias de recepción y transmisión, la estructura de la antena y el patrón de radiación del elemento de la red de antenas del sistema.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

- 25 los vectores de dirección de recepción pueden obtenerse registrando las amplitudes y fases de las señales recibidas por cada uno de los elementos de la red posicionados con diversos ángulos en la red de antenas a través de la red de antenas que está situada sobre una placa giratoria que puede girar horizontalmente y está espaciada una cierta distancia de la fuente de señal que transmite una señal con la frecuencia de recepción de la red de antenas;
- 30 los vectores de dirección de transmisión pueden obtenerse registrando las amplitudes y las fases de las señales recibidas por cada uno de los elementos de la red posicionados con diversos ángulos en una red de antenas de recepción a través de la red de antenas de recepción que está situada sobre una placa giratoria que puede girar horizontalmente y que está espaciada a cierta distancia de la red de antenas de transmisión en el que cada uno de los elementos de la red de la antena de transmisión transmite la misma señal a su vez con la misma frecuencia de transmisión.

4. Un procedimiento para decidir un vector de ponderación de transmisión en base a un vector de ponderación de recepción de una red de antenas en un sistema de comunicación FDD, que incluye:

- 35 una etapa de ponderación de la señal de transmisión con cierto vector de ponderación de transmisión y a continuación transmitir con una frecuencia de transmisión por una red de antenas fija;
- 40 una etapa de recepción de la señal de transmisión por una pluralidad de transceptores espaciados una cierta distancia desde la red de antenas
- una etapa de grabación de la intensidad de la señal recibida por los transceptores y transferir la intensidad de la señal detectada a un supervisor;
- 45 una etapa de obtener un patrón del haz de transmisión de la red de antenas en el supervisor de acuerdo con la intensidad de la señal recibida por los transceptores posicionados con diversos ángulos;
- una etapa de transmitir las señales con la misma potencia de transmisión por la pluralidad de transceptores de acuerdo con una frecuencia de recepción de la red de antenas;
- 50 una etapa de recibir por la red de antenas la señal transmitida por la pluralidad de transceptores, ponderándola con un vector de ponderación de recepción prefijado en el supervisor, y a continuación transferir la señal ponderada al supervisor;
- una etapa de obtener un patrón del haz de recepción de la red de antenas en el supervisor de acuerdo con la intensidad de la señal recibida;
- 55 una etapa de ajustar y obtener un vector de ponderación de recepción de la red de antenas en el supervisor comparando el patrón del haz de transmisión con el patrón del haz de recepción de la red de antenas obtenido para obtener un par de vectores de ponderación de recepción y transmisión que satisfacen un principio de mínima varianza de los patrones de haz de recepción y transmisión;
- una etapa de cambiar el vector de ponderación de transmisión de la red de antenas, y repetir las etapas anteriores para obtener otro vector de ponderación de recepción correspondiente por repetición;
- 60 una etapa de decidir una matriz de conversión de vectores de ponderación de recepción y transmisión de acuerdo con una pluralidad de pares de vectores de ponderación de recepción y transmisión a partir de las etapas anteriores (101); y
- una etapa de obtener un vector de ponderación de transmisión correspondiente por la matriz de conversión

de vectores de ponderación de recepción y transmisión anterior de acuerdo con el vector de ponderación de recepción obtenido a partir de la señal recibida por la red de antenas (103).

5. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 4, en el que la red de antenas es una red en línea.
6. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 4, en el que la red de antenas es una red circular.
- 5 7. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 4, en el que la matriz de conversión de los vectores de ponderación de recepción y transmisión implementa la operación de conversión por una operación lineal, que puede realizarse por un procesador de señal digital.
8. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 4, en el que la matriz de conversión de los vectores de ponderación de recepción y transmisión implementa la operación de conversión por una operación lineal, que puede realizarse por una matriz de puertas programables en campo.
- 10 9. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 4, en el que la matriz de conversión de los vectores de ponderación de recepción y transmisión implementa la operación de conversión por una operación lineal, que puede realizarse por un chip especial.
- 15 10. El procedimiento de la reivindicación 1 ó 4, en el que de acuerdo con las diferentes bandas de frecuencia de recepción y transmisión, la matriz de conversión de los vectores de ponderación de recepción y transmisión puede decidirse como diferentes matrices de conversión correspondientes.
11. Un procedimiento para decidir un vector de ponderación de transmisión de una red de antenas **caracterizado porque** el vector de ponderación de transmisión se decide convirtiendo un vector de ponderación de recepción de la red de antenas combinado de un receptor Rake y la diversidad de transmisión, y el procedimiento incluye:
 - 20 una etapa de recepción Rake de espacio y tiempo, en la cual se implementa un procedimiento de banda base de antena inteligente para cada una de las multi-trayectorias distinguibles en el tiempo en el receptor Rake de modo que forman los vectores de ponderación del haz de recepción correspondientes, siendo el número de vectores de ponderación de recepción igual al número de multi-trayectorias involucradas en la combinación de energía en el receptor Rake (601.a, 601.b);
 - 25 una etapa de elegir un vector de ponderación de recepción, en el que, de acuerdo con una indicación desde una señal de control para implementar la diversidad de transmisión, se elige un vector de ponderación de haz con una calidad mejor de la correspondiente señal recibida a partir de cada uno de los vectores de ponderación del haz de recepción (602.a, 602.b1, 602.b2);
 - 30 una etapa de combinar el vector de ponderación de recepción, en la que, de acuerdo con una indicación desde una señal de control para implementar la diversidad de transmisión, se suman algebraicamente los vectores de ponderación correspondientes para obtener un vector de ponderación (603.a.1, 603.a.2);
 - una etapa de convertir el vector de ponderación de recepción, en la que el vector de ponderación obtenido por la etapa anterior se convierte en un vector de ponderación del haz de transmisión por una matriz de conversión de vectores de ponderación de recepción y transmisión (604.a1, 604.a.2);
 - 35 una etapa de transmitir la señal de ponderación, en la que de acuerdo con la indicación a partir de una señal de control para implementar la diversidad de transmisión, se implementa la ponderación del haz sobre los datos a transmitir usando el vector de ponderación del haz de transmisión obtenido a partir de la etapa anterior, y se envía la señal ponderada a un sistema de RF para su transmisión (605.a.1, 605.a.2).
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que cuando la señal de control indica la diversidad de transmisión, la etapa de elegir el vector de ponderación de recepción incluye la elección de dos o más vectores de ponderación de haz (W_{r1} , W_{r2} , ..., W_{rn}) correspondientes a las señales de recepción de mejor calidad (más allá de un cierto umbral) de entre todos los vectores de ponderación del haz de recepción; la etapa de combinación de vectores de ponderación de recepción incluye añadir todos los otros vectores de ponderación del haz (W_{r2} , ..., W_{rn}) excepto un vector de ponderación de haz (W_{r1}) correspondiente a la señal de la mejor calidad para obtener un nuevo vector de ponderación de haz combinado (W_{rb}); la etapa de conversión del vector de ponderación de recepción incluye la conversión del vector de ponderación del haz correspondiente a la señal de la mejor calidad y el vector de ponderación de haz combinado en dos vectores de ponderación del haz de transmisión (W_{t1} , W_{t2}) por la matriz de conversión de vectores de ponderación de recepción y transmisión;
- 50 la etapa de la transmisión de la señal de ponderación incluye la implementación de la operación de ponderación del haz sobre las dos señales de diversidad con los dos vectores de ponderación del haz de transmisión obtenidos anteriormente, y enviar las señales ponderadas a un sistema de RF para su transmisión.
13. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la señal de control no indica la transferencia de diversidad, la etapa de elección de vectores de ponderación de recepción incluye la elección de uno o más de los vectores de ponderación de haz (W_{r1} , W_{r2} , ... W_{rn}) correspondientes a las señales de recepción de mejor calidad de entre todos los vectores de ponderación del haz de recepción;
- 55 la etapa de combinación de vectores de ponderación de recepción incluye añadir todos los vectores de ponderación de

haz (W_{r1} , W_{r2} , ..., W_{rn}) para obtener un vector de ponderación de canal (W_r);

la etapa de conversión del vector de ponderación de recepción incluye la conversión del vector de ponderación combinado anterior (W_r) en un vector de ponderación del haz de transmisión (W_t) por la matriz de conversión de vectores de ponderación de recepción y transmisión;

5 la etapa de transmisión de la señal de ponderación incluye implementar la operación de ponderación del haz sobre la señal a transmitir con el vector de ponderación del haz de transmisión (W_t) obtenido anteriormente, y enviar la señal ponderada al sistema de RF para su transmisión.

10 14. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que, en la etapa de recepción Rake de espacio y tiempo, si el número de vectores de ponderación del haz de recepción es igual a 1, las etapas de elección del vector de ponderación de recepción y de combinación de los vectores de ponderación de recepción no se implementará, independientemente de si la señal de control indica diversidad de transmisión o no. lo indica.

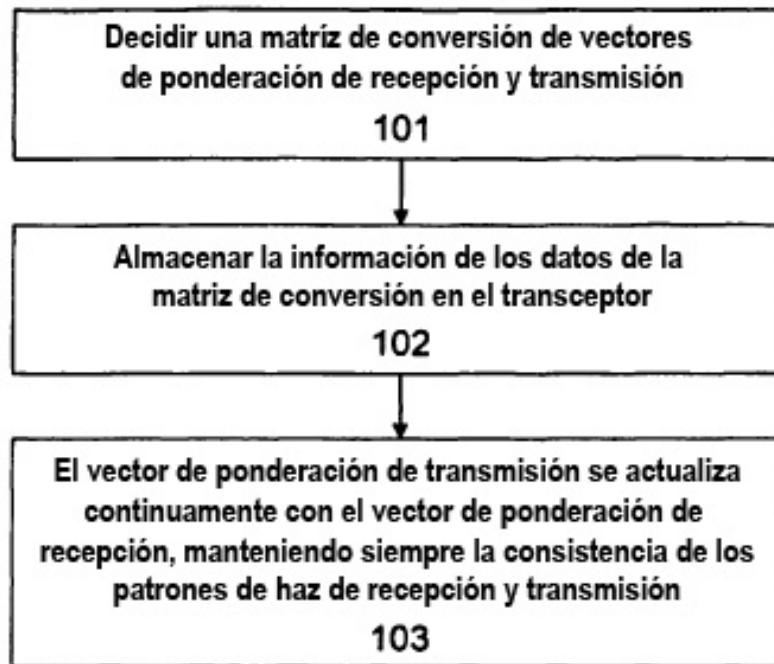


Fig. 1

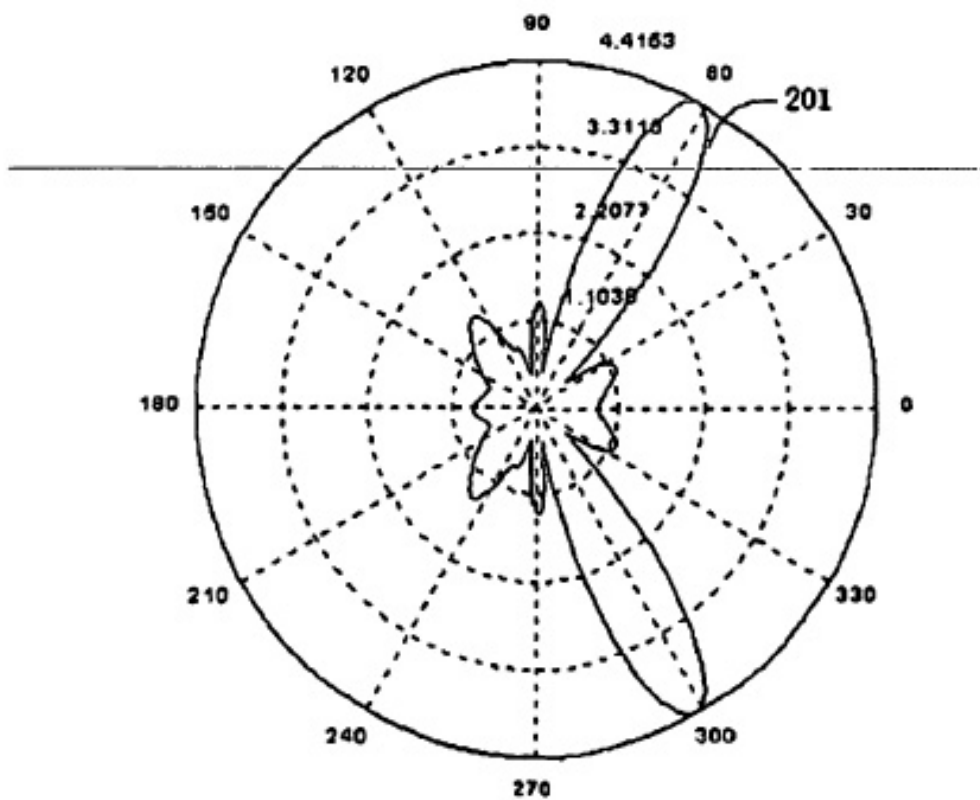


Fig. 2

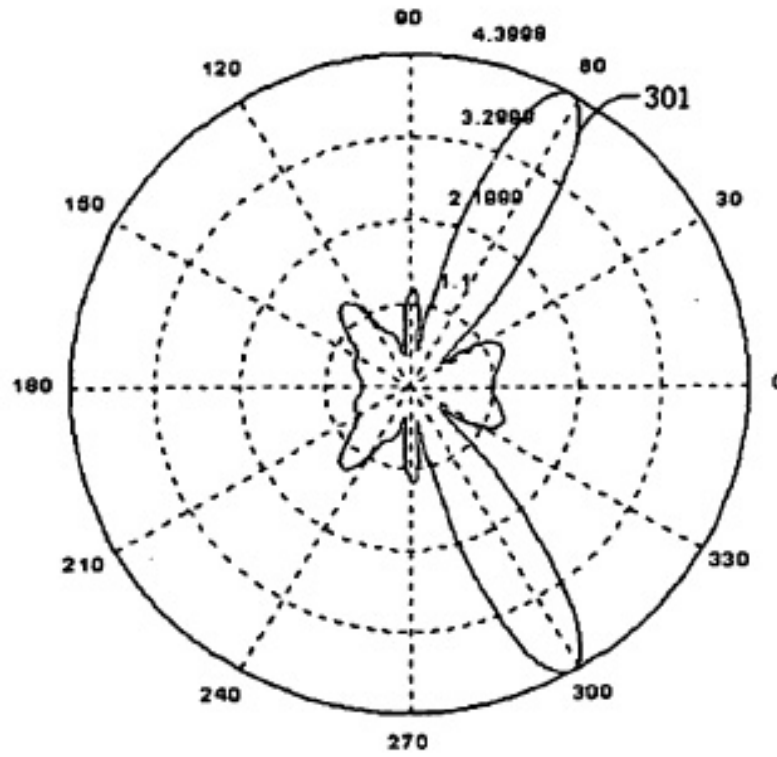


Fig. 3

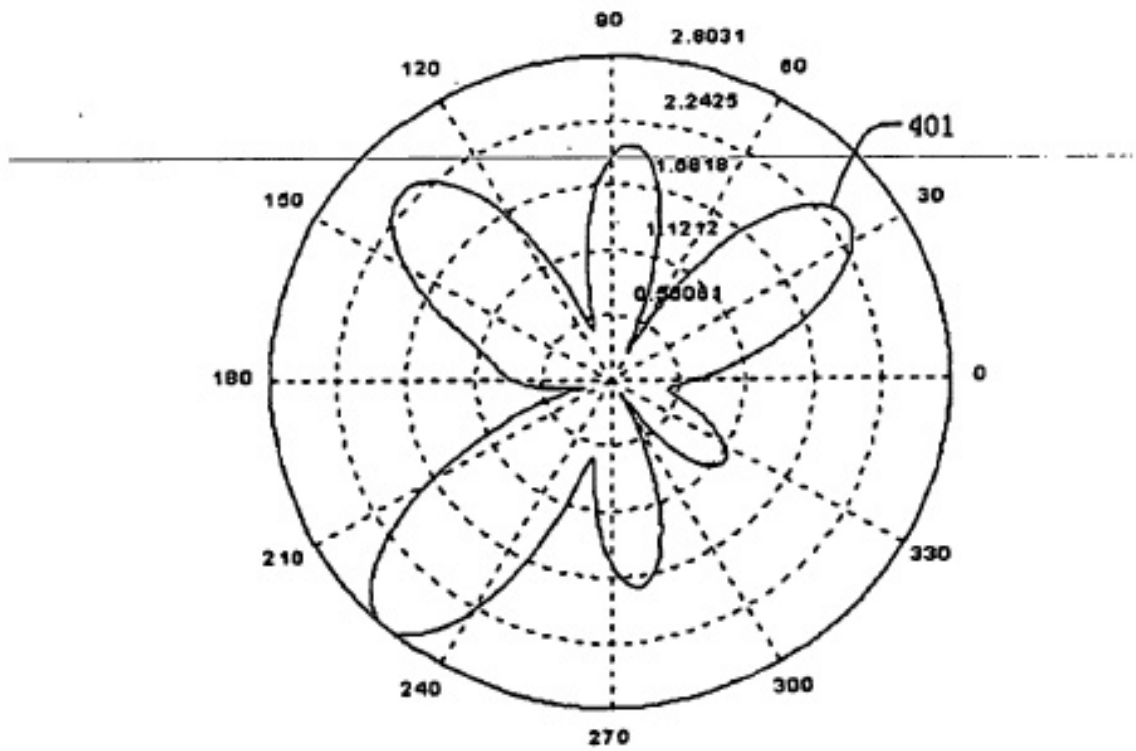


Fig. 4

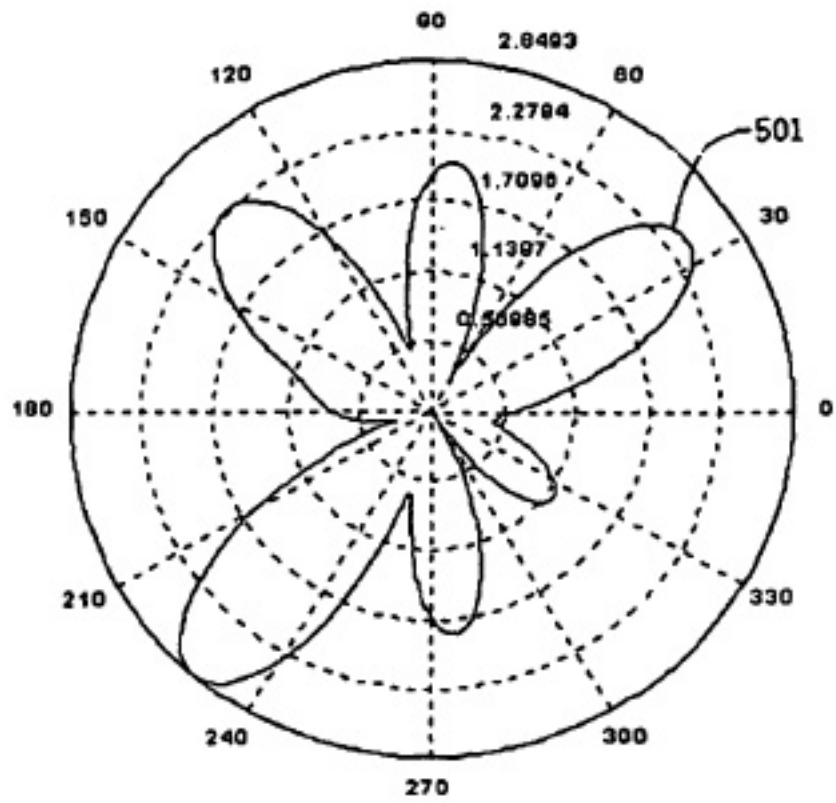


Fig. 5

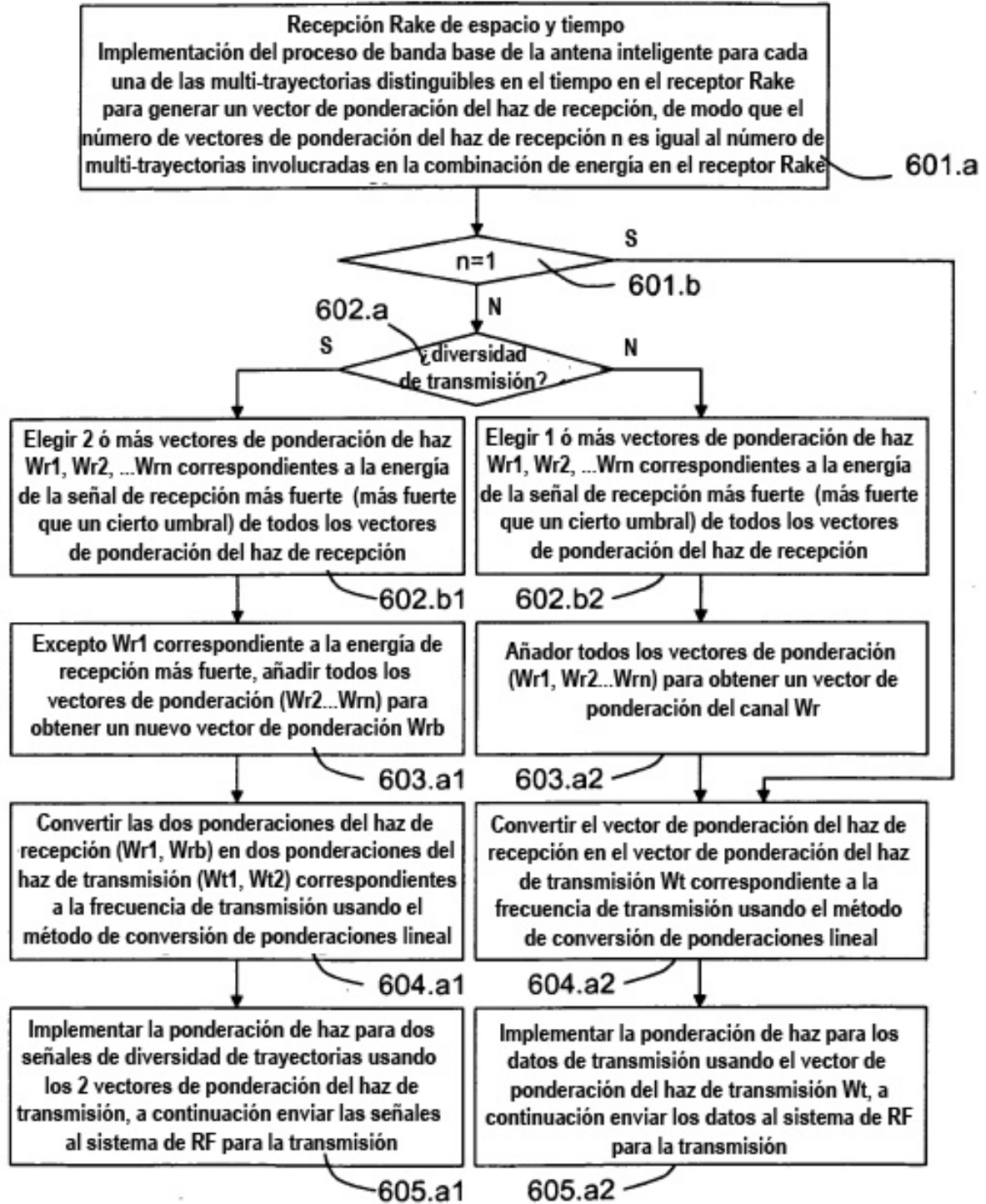


Fig. 6

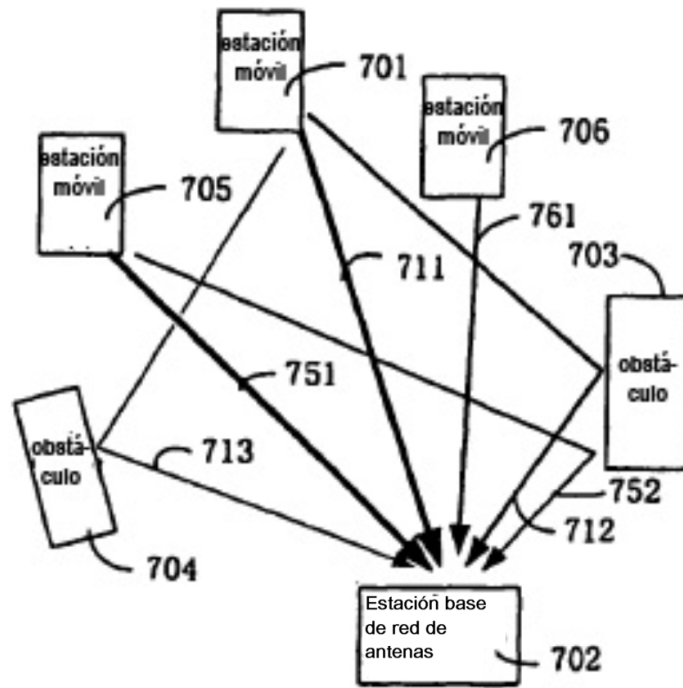


Fig. 7

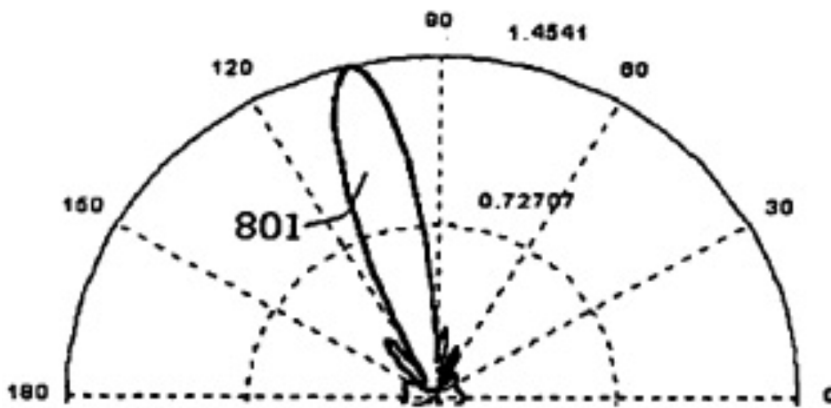


Fig. 8

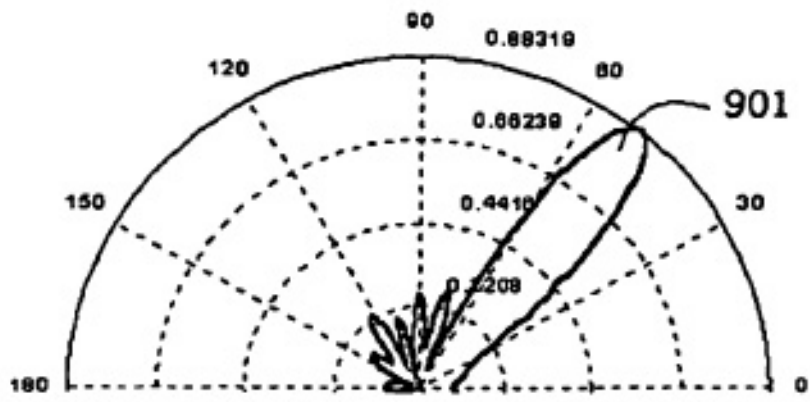


Fig. 9

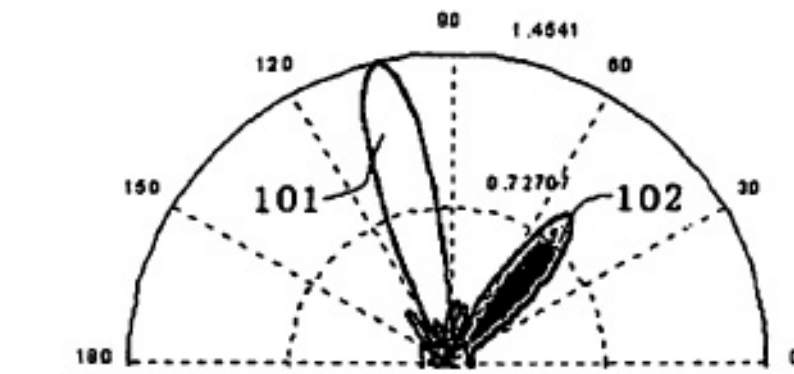


Fig. 10

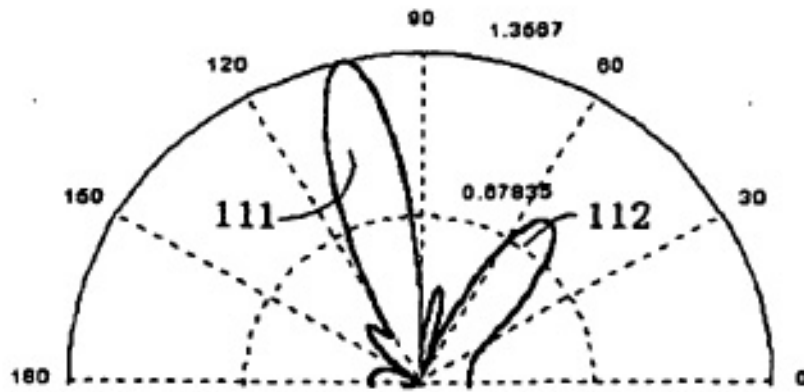


Fig. 11