

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 459 741**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2009** **E 12176111 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014** **EP 2512081**

54 Título: **Precodificación con menos información de retorno para transmisión de multi-punto coordinada en el enlace descendente**

30 Prioridad:

11.12.2008 US 121775 P

24.09.2009 US 566063

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

12.05.2014

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON
(PUBL) (100.0%)**

164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

ZANGI, KAMBIZ

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 459 741 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

Precodificación con menos información de retorno para transmisión de multi-punto coordinada en el enlace descendente

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere en general a sistemas de comunicaciones inalámbricas, y más particularmente se refiere a métodos y aparatos para determinar parámetros de transmisión en una red de comunicaciones de telefonía móvil utilizando transmisiones coordinadas para múltiples emplazamientos del transmisor.

Antecedentes

- 10 La precodificación de las transmisiones de múltiples antenas es una técnica cada vez más popular utilizada en varios estándares de comunicaciones inalámbricas avanzadas. Las técnicas de precodificación incluyen la formación de haz de una única capa, donde la misma señal es emitida desde cada una de varias antenas de transmisión, pero con diferentes ponderaciones de precodificación aplicadas a cada una de las antenas, de manera que la potencia de la señal se maximiza en la salida del receptor. Cuando el receptor tiene múltiples antenas, la precodificación se utiliza para la formación de haz de múltiples capas con el fin de maximizar el rendimiento del resultado de un sistema de múltiples antenas de recepción. Con la precodificación de múltiples capas, múltiples flujos de datos son transmitidos simultáneamente con ponderaciones independientes aplicadas a cada antena, para maximizar la capacidad o la calidad del enlace.

- 20 Los estándares de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (W-CDMA – Wideband Code Division Multiple Access, en inglés) y de Evolución a Largo Plazo (LTE – Long Term Evolution, en inglés) promulgados por el Proyecto de Colaboración de 3ª Generación (3GPP – 3rd Generation Partnership Project, en inglés) permiten cada uno precodificación lineal en el enlace descendente, cuando se utilizan múltiples antenas para servir a una estación de telefonía móvil (Equipo de Usuario, o “UE” (User Equipment, en inglés, en lenguaje del 3GPP). El vector de precodificación de la antena del transmisor que maximiza la tasa de datos recibida por cada teléfono móvil depende del canal del enlace descendente instantáneo (que incluye desvanecimiento) al teléfono móvil; por ello, la implementación de este precodificador óptimo requiere que la red obtenga información del estado del canal que caracteriza a las condiciones de propagación entre cada una de las antenas de transmisión y la estación de telefonía móvil. En un sistema de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access, en inglés) como el LTE, esta información del estado del canal debe ser obtenida para cada par de antenas de recepción / transmisión (es decir, $M \times N$ canales de única entrada / única salida, donde M es el número de antenas de transmisión y N es el número de antenas de recepción).

- 35 La precodificación lineal basada en libro de códigos es una técnica que reduce la cantidad de información necesaria para proporcionar información de retorno desde el teléfono móvil a la red para implementar la precodificación lineal. Con una precodificación basada en libro de códigos tradicional, se elige un conjunto fijo de vectores de ponderación del precodificador permitidos (un libro de códigos) a priori, y a cada vector de precodificación de este conjunto se le asigna un único índice que es conocido tanto para la red como para las estaciones de telefonía móvil. Cada estación de telefonía móvil mide su canal de enlace descendente (de tamaño $M \times N$) y determina el “mejor” vector de precodificación perteneciente al libro de códigos, dadas las mediciones del canal de enlace descendente. La estación de telefonía móvil devuelve un índice de este mejor vector de precodificación a la red, de manera que las transmisiones subsiguientes desde la red puedan ser precodificadas de acuerdo con el vector seleccionado.

- 40 Asumiendo un libro de códigos consistente en L vectores de precodificación, $\log_2(L)$ bits son necesarios para identificar de manera única un único vector de precodificación. Típicamente, $\log_2(L)$ bits son menos del número de bits necesarios para caracterizar los $M \times N$ canales de enlace descendente que cada estación de telefonía móvil ve; así, el planteamiento basado en libro de códigos reduce la cantidad de información de señalización que debe ser transmitida entre la estación de telefonía móvil y la red.

- 45 En los sistemas de WCDMA y LTE, una transmisión de múltiples antenas a una estación de telefonía móvil es generalmente transmitida desde sólo un único punto, es decir, un único emplazamiento del transmisor. En otras palabras, las M antenas de transmisión utilizadas para servir a un teléfono móvil dado están normalmente situadas juntas. En este caso, el canal entre cada una de estas antenas y la estación de telefonía móvil tiene la misma pérdida de ruta y desvanecimiento. Los libros de códigos en LTE y WCDMA están diseñados específicamente para el caso en el que todas las antenas de transmisión estén situadas juntas, es decir, para el caso en el que la pérdida de ruta entre cada una de las antenas del transmisor y la estación de telefonía móvil sea la misma, o casi la misma. (El término “pérdida de ruta” es a menudo utilizado para referirse sólo a la pérdida de propagación provocada por la distancia entre el transmisor y el receptor, si se utiliza un modelo de espacio libre, es decir, en el que la pérdida de ruta es proporcional al cuadrado de la distancia, o un modelo derivado empíricamente, por ejemplo, en el que la pérdida de ruta es proporcional a la distancia elevada a la cuarta potencia. El “desvanecimiento”, por otro lado, se refiere en general a las pérdidas provocadas por las características particulares del entorno en un escenario dado, tal como las pérdidas provocadas por la característica de proximidad a un edificio grande o características geológicas. En lo que resta de esta descripción, no obstante, el término “pérdida de ruta” pretende generalmente

incluir estos dos fenómenos, a menos que el contexto indique otra cosa, pero excluir los fenómenos distintos de desvanecimiento, lo que resulta de la combinación destructiva de componentes de múltiples rutas de la señal transmitida en el receptor).

Desarrollando las especificaciones para el llamado sistema de LTE Avanzado, los miembros del 3GPP están considerando el uso de la transmisión de multi-punto (es decir, desde múltiples emplazamientos del transmisor), donde las M antenas de transmisión utilizadas para servir a una estación de telefonía móvil dada podrían estar situadas en varias ubicaciones geográficas diferentes. En estos escenarios, los canales entre la estación de telefonía móvil y varias de estas antenas podrían tener diferentes pérdidas de ruta. Las técnicas basadas en libro de códigos convencionales para especificar un vector de precodificación particular para ser utilizado, dadas las rápidamente cambiantes condiciones del canal, están mal adaptadas para el escenario de la transmisión de multi-punto.

Además de lo anterior, se conoce a partir del documento EP 1 914 947 A1 la precodificación para un sistema de MIMO. Un receptor determina un libro de códigos de acuerdo con una ubicación de un bloque de recursos. No obstante, las respectivas enseñanzas no proporcionan una reducción de los bits necesarios para que una estación de telefonía móvil especifique dinámicamente un vector de precodificación óptimo transmitiendo un segundo índice que identifica un segundo vector de precodificación sin retransmitir un identificador para un libro de códigos.

Compendio

Con una transmisión de multi-punto, las estaciones de telefonía móvil están sujetas a diferentes combinaciones de pérdidas de ruta entre las estaciones de telefonía móvil y cada uno de los diferentes emplazamientos del transmisor, dependiendo de las ubicaciones de las estaciones de telefonía móvil. Por ello, el número total de posibles entradas del libro de códigos necesarias para implementar una precodificación basada en libro de códigos puede resultar muy grande con la transmisión de multi-punto. Los planteamientos convencionales en los cuales se identifica un único vector de precodificación, de todos los posibles vectores de precodificación requerirían un gran número de bits, y por ello una gran carga de señalización entre la estación de telefonía móvil y la red. Esta elevada carga de señalización consume recursos del sistema que podrían de otro modo ser utilizados para la transmisión de datos a los usuarios del sistema.

Realizaciones tales como las proporcionadas mediante las reivindicaciones 1 – 6 adjuntas incluyen técnicas para reducir el número de bits necesarios para especificar el mejor vector de precodificación para cada estación de telefonía móvil en una red de comunicación inalámbrica que emplea transmisión de multi-punto. Debido a que las pérdidas de ruta (que incluyen efectos de desvanecimiento) entre una estación de telefonía móvil dada y las M antenas de transmisión varían a una velocidad mucho menor que el desvanecimiento debido a los efectos de múltiples rutas, siendo la elección óptima de un libro de códigos adaptado a una combinación particular de cambios en las pérdidas de ruta a una velocidad mucho menor que el desvanecimiento. Así, varias realizaciones de ejemplo implican especificar cualquier vector como un proceso de dos etapas. Primero, se especifica un libro de códigos en el cual reside un vector de precodificación deseado particular. Esta especificación puede ser realizada con $\log_2(Q)$ bits, dados Q posibles libros de códigos. Cada libro de códigos conceptualmente corresponde a una combinación particular de pérdidas de ruta entre una estación de telefonía móvil y las M antenas de transmisión para ser utilizadas para la transmisión de multi-punto a la estación de telefonía móvil. Segundo, se especifica un índice al vector de precodificación particular deseado dentro del libro de códigos identificado previamente. Esta especificación puede ser realizada con $\log_2(L)$ bits, dado que cada libro de códigos incluye no más de L vectores de precodificación.

A una velocidad lenta (por ejemplo, una vez cada pocos segundos, o incluso con menor frecuencia), cada estación de telefonía móvil puede actualizar su opción de libro de códigos, dadas las recientes condiciones de pérdida de ruta. Una vez que la transmisión de datos a una estación de telefonía móvil ha comenzado, la estación de telefonía móvil repetidamente identifica el mejor vector de precodificación en el libro de códigos seleccionado, basándose en las actuales condiciones de desvanecimiento. Así, el vector de precodificación particular utilizado para una transmisión dada es actualizado con mayor frecuencia que el libro de códigos del cual son seleccionados los vectores de precodificación. Siempre que cualquier actualización del libro de códigos sea mucho menos frecuente que las actualizaciones al vector de precodificación particular utilizado, la cantidad total de bits de información de retorno requerida para especificar el mejor precodificador con transmisión de multi-punto es muy similar a la cantidad de bits de información de retorno necesarios con una transmisión de un único punto con un único libro de códigos de tamaño L .

>

De acuerdo con esto, se proporciona un método de ejemplo de acuerdo con la reivindicación 1.

Otros detalles del método son proporcionados mediante las reivindicaciones dependientes 2 y 3.

El método es más adecuado para su implementación en una estación de telefonía móvil que opera en una red de comunicaciones de telefonía móvil utilizando transmisiones coordinadas desde múltiples emplazamientos de transmisor de acuerdo con la reivindicación 4.

Otros detalles de la estación de telefonía móvil son proporcionados mediante las reivindicaciones 5 y 6. Por supuesto, la presente invención puede ser realizada de otras maneras distintas de las específicamente presentadas en esta memoria sin separarse de las características esenciales de la invención que están definidas por el alcance de las reivindicaciones 1 – 6. De hecho, mediante la lectura de la siguiente descripción y la visualización de los dibujos adjuntos, el experto en llevar a la práctica reconocerá que las reivindicaciones de ejemplo descritas son ilustrativas y no restrictivas, y que todos los cambios dentro del significado y el margen de equivalencia de las reivindicaciones adjuntas están previstos para ser abarcados en él.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una red de comunicación inalámbrica de ejemplo que emplea transmisión de multi-punto.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra detalles adicionales de un sistema de transmisión de multi-punto de acuerdo con algunas realizaciones de ejemplo de la presente solicitud.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de proceso que ilustra un método de ejemplo para determinar parámetros de transmisión en una red de comunicaciones de telefonía móvil que utiliza transmisiones coordinadas desde múltiples emplazamientos del transmisor.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un proceso que ilustra un método de ejemplo en una estación de telefonía móvil para determinar los parámetros de transmisión para su uso en transmisiones de multi-punto coordinadas.

La Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra características de una estación de telefonía móvil de ejemplo.

Descripción detallada

Con transmisión de multi-punto, el mejor libro de códigos (conjunto de vectores de precodificación) para una estación de telefonía móvil dada depende de la M -tupla de pérdida de ruta / desvanecimiento entre cada una de las M posibles antenas de transmisión y la estación de telefonía móvil. Si se asume que se consideran Q combinaciones distintas de pérdida de ruta entre una estación de telefonía móvil y las M posibles antenas de transmisión, la manera más directa de especificar el mejor precodificador para cada sub-portadora requeriría $\log_2(Q \cdot L) = \log_2(Q) + \log_2(L)$ bits, asumiendo que cada uno de los Q libros de códigos incluye L vectores de precodificación. Puesto que hay muchas posibles combinaciones de combinaciones de pérdida de ruta correspondientes a las posibles combinaciones de emplazamientos del transmisor y posiciones de la estación de telefonía móvil en una red dada, Q podría ser bastante grande en un sistema celular típico. Como resultado, la cantidad de información de retorno para implementar precodificación basada en libro de códigos en un sistema de transmisión de multi-punto podría ser mucho mayor que la cantidad de información de retorno requerida en un sistema de un único punto.

Si se asume que cada estación de telefonía móvil puede ser servida por hasta S emplazamientos de transmisor, y que cada emplazamiento contiene P puertos de antena de transmisión, entonces el número máximo de antenas que sirven a cada estación de telefonía móvil será $M = P \cdot S$. Por supuesto, el número de emplazamientos del transmisor realmente utilizadas en un tiempo dado puede variar, dependiendo de la configuración de red, de la posición de la estación de telefonía móvil dentro de la red, y de varios otros factores tales como demandas de resultado de la estación de telefonía móvil, carga de la red, etc.

la Figura 1 ilustra un ejemplo de un escenario de red de multi-punto en el cual la estación de telefonía móvil 110 está recibiendo transmisiones de multi-punto coordinadas desde tres estaciones de base 120, que están ligadas a una red de datos pública (no mostrada) a través de la puerta de enlace 130 de acceso. Cada una de las estaciones de base 120 está transmitiendo señales a la estación de telefonía móvil 110 utilizando hasta tres antenas 140 de transmisor. No obstante, resultará evidente para los expertos en la materia que cada estación de base en una red de transmisión de multi-punto coordinada no necesita utilizar todas las antenas disponibles para una pérdida dada, y que algunas estaciones de base pueden tener más o menos antenas disponibles que otras. En el sistema representado, por lo tanto, de tres a nueve antenas 140 pueden ser utilizadas para una transmisión dada, asumiendo que las tres estaciones de base 120 representadas participan.

Debido a que las antenas 140 en cualquier emplazamiento del transmisor 120 dado están cerca unas de otras, las pérdidas de ruta entre la estación de telefonía móvil 110 y las antenas en una estación de base 120 dada son efectivamente las mismas. No obstante, las pérdidas de ruta entre la estación de telefonía móvil 110 y cada una de las diferentes estaciones de base 120 pueden variar ampliamente. Como primer ejemplo, asúmase que las pérdidas de ruta entre la estación de telefonía móvil 110 y cada una de las estaciones de base 120-A y 120-B son aproximadamente iguales, pero que la pérdida de ruta entre la estación de telefonía móvil 110 y la estación de base 120-C es mayor, por ejemplo, 10 dB mayor. Si la estación de telefonía móvil 110 es servida sólo por las estaciones de base 120-A y 120-B, y sólo se utiliza una antena 140 por cada estación de base, entonces cada entrada del libro

de códigos es un vector de dos elementos (un elemento para cada antena 140 de transmisión), y el vector de precodificación particular para ser utilizado en un momento dado es seleccionado de un libro de códigos que está optimizado para un escenario en el cual las pérdidas de ruta son casi iguales. Si la estación de telefonía móvil 110 es por el contrario servida sólo por las estaciones de base 120-B y 120-C, entonces el vector de precodificación

Como otro ejemplo, si se utilizan las tres antenas 140 en cada una de las estaciones de base 120, entonces cada entrada del libro de códigos (vector de precodificación) incluirá nueve elementos. En este caso, se utilizan tres emplazamientos, así que el agrupamiento de los vectores de precodificación permitidos en los libros de códigos se basa en una combinación de tres partes de pérdidas de ruta de la estación de telefonía móvil 110 a las estaciones de base.

Así, un conjunto predeterminado de vectores de precodificación puede estar dividido en una pluralidad de subconjuntos predeterminados, correspondiendo cada subconjunto (libro de códigos) a uno o más escenarios de pérdida de ruta. El conjunto predeterminado de vectores de precodificación y los subconjuntos predeterminados pueden ser especificados en un estándar particular, de manera que es conocido para la red y para las estaciones de telefonía móvil que operan en la red.

Resultará evidente para los expertos en la materia que el número de posibles combinaciones de pérdidas de ruta puede ser muy grande. No obstante, los intervalos de los escenarios de pérdida de ruta pueden ser mapeados a libros de códigos que son óptimos o casi óptimos para al menos una parte de ese intervalo. De esta manera, el número de libros de códigos diferentes puede ser mantenido en un nivel manejable.

Así, en varias realizaciones de ejemplo, se definen varios libros de códigos, donde cada libro de códigos incluye varios vectores de precodificación. En otras palabras, un conjunto predeterminado de vectores de precodificación puede estar dividido en una pluralidad de subconjuntos predeterminados, correspondiendo cada subconjunto (libro de códigos) a uno o más escenarios de pérdida de ruta. Dados Q libros de códigos, $L(q)$ puede ser utilizado para indicar el número de vectores de precodificación en el q -ésimo libro de códigos, que está designado como $B(q)$. Además, un vector de precodificación particular puede ser fácilmente identificado por una combinación de dos índices: un índice de grupo, que especifica uno de los Q libros de códigos, y un índice de vector, que especifica uno de los $L(q)$ vectores de precodificación del libro de códigos identificado por el índice de grupo. Un conjunto predeterminado particular de vectores de precodificación y los subconjuntos predeterminados pueden ser especificados en un estándar particular, de manera que es conocido para la red y las estaciones de telefonía móvil que operan en la red. Con este conocimiento compartido, una estación de telefonía móvil y la red pueden comunicarse acerca de los vectores de precodificación utilizando sólo los índices de grupo y de vector.

Como se ha observado anteriormente, debido a que las antenas en un emplazamiento de transmisor dado están situadas muy cerca unas de otras, en comparación con la distancia a una estación de telefonía móvil dada, la pérdida de ruta (incluyendo desvanecimiento) desde todas las antenas en un emplazamiento dado para la estación de telefonía móvil dada será casi la misma. La pérdida de ruta correspondiente a un emplazamiento de transmisor dado puede ser denotada por $G(s)$. Entonces, las pérdidas de ruta de las M antenas de transmisión a la estación de telefonía móvil son especificadas por un vector G (de longitud S) definido como:

$$G = [G(1), G(2), \dots, G(s)] \quad (1)$$

Periódicamente, una red configurada de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención forma una estimación de G , denotada por G_{Estimada} , sobre la base de mediciones del enlace ascendente o sobre la base de informes del UE, para cada estación de telefonía móvil. Debe observarse que este proceso de estimación incluye (o presupone) elegir los emplazamientos S (site, en inglés) específicos que servirán a una estación de telefonía móvil dada en el enlace descendente. Esta selección, así como la estimación de las pérdidas de ruta, puede ser llevada a cabo con relativamente poca frecuencia, por ejemplo, a intervalos de tiempo que son muchas veces el tiempo de desvanecimiento rápido esperado. Así, el proceso de estimación puede comprender el promediado de varias mediciones del enlace ascendente o informes de canal de la estación de telefonía móvil, de manera que los efectos del desvanecimiento son calculados.

Existirá un mapeo de los valores estimados de G al mejor libro de códigos para la estación de telefonía móvil. Este mapeo puede ser denotado como $\text{Mapeo}(G)$; la salida del $\text{Mapeo}(G)$ es uno de los Q libros de códigos definidos previamente (o un índice a uno de los Q libros de códigos definidos previamente).

Una vez que la red determina el mejor libro de códigos para una estación de telefonía móvil dada, la red señala a la estación de telefonía móvil, por ejemplo, en un canal de control del enlace descendente, su selección del mejor libro de códigos para esta estación de telefonía móvil. Debido a que la estación de telefonía móvil ya "conoce" el contenido de cada uno de los libros de códigos predeterminados, sólo el índice del libro de códigos elegido necesita ser señalado; los elementos de cada uno de los vectores del libro de códigos no necesitan ser señalados. Resultará

evidente para los expertos en la materia que la red debe también señalar a la estación de telefonía móvil los emplazamientos desde los cuales estará recibiendo la estación de telefonía móvil su transmisión; esta señalización puede ser enviada en un único mensaje, junto con el índice del libro de códigos, o en un mensaje separado.

Tras recibir una indicación del libro de códigos elegido desde la red, así como del conjunto de emplazamientos de transmisor que estarán sirviéndola, la estación de telefonía móvil reporta a continuación a la red un índice de vector asociado con su selección de vector de precodificación dentro del libro de códigos elegido. Este índice de vector es seleccionado por la estación de telefonía móvil sobre la base de una evaluación de las condiciones del canal "instantáneas" (a corto plazo) entre las M antenas de transmisión y la estación de telefonía móvil. Estas condiciones de canal cambian rápidamente; así, las condiciones de canal son nuevamente evaluadas y la selección de un índice de vector es actualizada frecuentemente (es decir, a varias o muchas veces la velocidad a la cual es actualizado el libro de códigos).

A continuación, la red utilizará el índice de vector reportado por la estación de telefonía móvil, así como el conocimiento de la red del libro de códigos que asignó a la estación de telefonía móvil, para identificar el vector de precodificación particular que debe ser utilizado para transmitir a la estación de telefonía móvil en el enlace descendente desde los S emplazamientos que la red ha elegido para servir a esta estación de telefonía móvil, dado el libro de códigos identificado previamente.

Si se utilizan señales de referencia dedicadas para transmitir a las estaciones de telefonía móvil, la red no necesitará señalar al UE qué precodificador se está realmente utilizando para cada transmisión a la estación de telefonía móvil. No obstante, algunas redes pueden ser configuradas de manera que la red sea autorizada a seleccionar un vector de precodificación distinto del seleccionado e identificado por la estación de telefonía móvil. En este caso, si no se utiliza ninguna señal de referencia dedicada, entonces la red debe señalar a la estación de telefonía móvil qué vector de precodificación (dentro del libro de códigos que fue previamente elegido para la estación de telefonía móvil) fue utilizado para cada transmisión a la estación de telefonía móvil, de manera que la estación de telefonía móvil puede descodificar adecuadamente las señales de referencia comunes (que no son ponderadas mediante ponderaciones de precodificación específicas para el UE).

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra componentes funcionales de la porción de red fija de un sistema de comunicación inalámbrico, de acuerdo con algunos ejemplos. En la disposición representada, dos flujos de datos (designados X_1 y X_2) son el objetivo para una estación de telefonía móvil particular (no mostrada). Cada flujo de datos es separadamente codificado y modulado, utilizando circuitos de codificación / modulación 210-1 y 210-2. Las ponderaciones de vector, proporcionadas por los circuitos de procesamiento 250, son aplicadas a cada uno de los flujos de datos modulados en los circuitos ponderados 220-1 y 220-2. Como se describe con más detalle a continuación, las ponderaciones del vector son vectores de precodificación seleccionados e identificados de acuerdo con las técnicas de la invención descritas en esta memoria. La salida de los circuitos de ponderación 220, es decir, los símbolos de transmisor ponderados son aplicados a las antenas 240 en cada uno de los S emplazamientos. En el sistema ilustrado, dos flujos de datos son multiplexados espacialmente, y así a cada antena se le proporcionan señales ponderadas correspondientes a los flujos X_1 y X_2 ; estas señales son sumadas para cada antena utilizando sumadores 230. Por supuesto, en otros sistemas, o en otros momentos (por ejemplo, dependiendo de las condiciones del canal) sólo podría utilizarse un único flujo (o más de dos flujos).

Los vectores de precodificación aplicados a los flujos de datos modulados en los circuitos ponderados 220-1 y 220-2 son proporcionados por circuitos de procesamiento 250, que comprenden un circuito de selección de vector 252 y un circuito controlador 254, que comprende uno o más microprocesadores, microcontroladores u otros, configurados con un código de programa apropiado almacenado en la memoria de programa 256. Los circuitos de procesamiento 250 tienen acceso a una base de datos de vectores 260, que puede estar almacenada en uno o más dispositivos de memoria, incluyendo, en algunas realizaciones de ejemplo, el mismo dispositivo (o dispositivos) de memoria utilizado o utilizados para la memoria de programa 256. Resultará muy evidente para los expertos en la materia que, en algunas realizaciones de ejemplo, el circuito de selección de vector 252 y el circuito controlador 254 pueden ser implementados utilizando un único, compartido, microprocesador, mientras que en otras realizaciones las funciones llevadas a cabo por los circuitos ilustrados pueden ser repartidas entre dos o más circuitos, en uno o más nodos del sistema de comunicación inalámbrico. Resultará también evidente para los expertos en la materia que las ventajas y desventajas de centralizar o distribuir la funcionalidad del circuito de selección de vector 252 y del circuito controlador 254 variarán, dependiendo de la arquitectura subyacente del sistema de comunicación inalámbrico.

La Figura 3 ilustra un método de ejemplo para determinar los parámetros de transmisión del enlace descendente en una red de comunicación de telefonía móvil que emplea transmisiones de multi-punto. El método ilustrado en la Figura 3 puede ser implementado con los circuitos de procesamiento 250 de la Figura 2.

En cualquier caso, el método ilustrado en la Figura 3 empieza con la estimación de las pérdidas de ruta entre una estación de telefonía móvil y cada uno de una pluralidad de emplazamientos del receptor, como se muestra en el bloque 310. En algunas de realizaciones de ejemplo, las pérdidas de ruta son estimadas en cada una de las diferentes estaciones de telefonía móvil que están actualmente transmitiendo señales a la estación de telefonía móvil o que se espera que transmitan señales a la estación de telefonía móvil en el futuro; en otras, una de las

estaciones de telefonía móvil (por ejemplo, una estación de telefonía móvil de “vínculo”) u otro nodo centralizado en la red estima las pérdidas de ruta sobre la base de los datos reportados a ella desde las diferentes estaciones de telefonía móvil. En algunas realizaciones, las pérdidas de ruta son estimadas sobre la base de los datos de la calidad del canal que caracterizan la calidad de señal del enlace descendente o la pérdida de ruta del enlace descendente (por ejemplo, la potencia de la señal, relaciones de señal a ruido, u otros) y enviadas a la red por la estación de telefonía móvil; estos datos pueden ser enviados a cada una de las diferentes estaciones de telefonía móvil o a una sola estación de telefonía móvil. En otras realizaciones de ejemplo más, la estimación de las pérdidas de ruta puede comprender en primer lugar estimar las pérdidas de ruta del enlace ascendente, sobre la base de mediciones de señales del enlace ascendente desde la estación de telefonía móvil, y a continuación estimar las pérdidas de ruta del enlace descendente correspondiente sobre la base de las pérdidas de ruta del enlace ascendente estimadas.

Las pérdidas de ruta reflejan la configuración de las estaciones de base y la estación de telefonía móvil en un sentido macro, porque las pérdidas de ruta reflejan la pérdida de propagación en función de la distancia entre cada estación de base y el teléfono móvil, así como el desvanecimiento provocado por las características físicas del entorno (colinas, valles, edificios, etc.). Estas pérdidas de ruta, que no incluyen efectos de desvanecimiento resultantes de las combinaciones sensibles a la fase de señales de múltiples rutas, cambian con relativa lentitud. Así, en algunas realizaciones de ejemplo, las estimaciones de pérdida de ruta se basan en las medias de varias mediciones, tomadas sobre un periodo de tiempo que excede los intervalos de desvanecimiento esperados.

Dadas las pérdidas de ruta estimadas, se selecciona uno mejor de una pluralidad de libros de códigos (es decir, un subconjunto de un conjunto predeterminado de vectores de precodificación de antena, incluyendo cada subconjunto una pluralidad de vectores de precodificación de antena). Como se ha explicado anteriormente, cada uno de la pluralidad de libros de códigos correspondiente a una combinación particular de condiciones de pérdidas de ruta, dado un particular número de emplazamientos y de antenas de transmisión. Así, el libro de códigos correspondiente a las condiciones de pérdida de ruta que mejor se adaptan a las pérdidas de ruta estimadas es seleccionado, como se muestra en el bloque 320. Debido a que la estación de telefonía móvil está programada con conocimiento de los libros de códigos predeterminados, el libro de códigos seleccionado puede ser identificado para la estación de telefonía móvil simplemente transmitiendo un índice de grupo a la estación de telefonía móvil, como se muestra en el bloque 330, identificando de manera única el índice de grupo el libro de códigos seleccionado.

Como se ha explicado anteriormente, el número de bits necesarios para especificar el índice de grupo depende del número de libros de códigos, Q . Si hay 32 libros de códigos, por ejemplo, entonces se necesitan cinco bits ($\log_2 32$) para especificar el índice de grupo. El índice de grupo es transmitido con relativa poca frecuencia, no obstante, puesto que se espera generalmente que las condiciones de la pérdida de ruta cambien lentamente; así, son factibles números de libros de códigos incluso mayores.

Dado un libro de códigos seleccionado, la estación de telefonía móvil estima las condiciones de canal entre las estaciones de base y el teléfono móvil, incluyendo efectos de desvanecimiento, y selecciona un mejor vector de precodificación de antena del libro de códigos seleccionado. La estación de telefonía móvil puede entonces identificar el vector de precodificación de antena seleccionado a la red utilizando un índice de vector que corresponde al vector de precodificación seleccionado dentro del libro de códigos seleccionado. Debido a que el índice de vector sólo necesita identificar un vector particular dentro de un libro de códigos ya determinado, el índice de vector puede ser relativamente corto, dependiendo sólo del máximo número de vectores de precodificación en cualquier libro de códigos dado. Así, por ejemplo, cuatro bits ($\log_2 16$) son suficientes para identificar un vector particular en algún libro de códigos dado si ningún libro de códigos incluye más de dieciséis vectores.

El índice de vector es recibido de la estación de telefonía móvil, como se muestra en el bloque 340, y se utiliza para obtener el vector de precodificación identificado del libro de códigos previamente identificado. Uno o más flujos de datos son a continuación ponderados, utilizando el vector de precodificación seleccionado, y transmitido a la estación de telefonía móvil, como se muestra en el bloque 350. Por supuesto, algunos sistemas pueden ser configurados de manera que el índice del vector recibido de la estación de telefonía móvil indica sólo la preferencia de la estación de telefonía móvil; estos sistemas pueden ser configurados para sobre-escribir ocasionalmente la preferencia indicada, sobre la base del conocimiento de la red de las condiciones del canal, la carga de la red, etc. En estos sistemas, si se utiliza un vector de precodificación distinto del preferido por la estación de telefonía móvil, entonces la red puede necesitar señalar la estación de telefonía móvil para indicar el vector de precodificación que está realmente utilizado. Como se ha sugerido anteriormente, esto es particularmente cierto si se utilizan señales de referencia comunes (es decir, señales de referencia del enlace descendente para múltiples estaciones de telefonía móvil), puesto que cada estación de telefonía móvil necesita entonces conocer que las señales de referencia comunes están ponderadas de manera diferente a las señales de datos.

Las condiciones de canal “instantáneas” en la estación de telefonía móvil cambian con relativa rapidez, en comparación con las pérdidas de ruta, debido a los efectos del desvanecimiento. Así, para cualquier escenario de pérdida de ruta dado, el mejor vector de precodificación dentro de un libro de códigos seleccionado es probable que varíe de un momento al siguiente. Así, en algunas realizaciones de la invención, la estación de telefonía móvil está configurada para evaluar repetidamente las condiciones del canal, para actualizar su vector de precodificación

preferido según sea necesario, basándose en las condiciones del canal nuevamente evaluadas, y transmitir nuevos índices de vector, según sea necesario, a la red. Al mismo tiempo, la red periódicamente actualiza sus estimaciones de las pérdidas de ruta relevantes, y selecciona un nuevo “mejor” libro de códigos según sea necesario. Estos procesos se ilustran en la Figura 3. Como se muestra en el bloque 360, por ejemplo, la red periódicamente realiza una comprobación para ver si se ha recibido un nuevo índice de vector antes de transmitir una segunda ráfaga de datos a la estación de telefonía móvil. Si es así, una subsiguiente transmisión de datos utiliza el índice de vector nuevamente seleccionado. La red también periódicamente realiza una comprobación para ver si las pérdidas de ruta han cambiado suficientemente para garantizar la selección de un nuevo mejor libro de códigos, como se muestra en el bloque 370. Si es así, un nuevo libro de códigos es seleccionado, y un nuevo índice de grupo que identifica al libro de códigos seleccionado es enviado a la estación de telefonía móvil, como se muestra en los bloques 320 y 330.

Por supuesto, debido a que las velocidades de cambio esperadas para el índice de grupo y el índice de vector específico difieren, la velocidad a la cual son llevadas a cabo estas actualizaciones también variará. En realidad, es probable que ocurran cambios de índice de vector muchas veces más a menudo de lo que cambian los índices de grupo, bajo muchas configuraciones y escenarios de red. Así, la señalización descrita anteriormente es probable que sea dominada por la señalización del índice de vector. Debido a que el número de bits necesarios para señalar el índice de vector es relativamente pequeño (por ejemplo, 4 bits, en comparación con los 9 bits que serían necesarios para identificar de manera única a uno de los 16×32 vectores de precodificación no agrupados), se reduce la sobrecarga de señalización.

Mientras la Figura 3 ilustra un proceso de ejemplo para seleccionar e identificar vectores de precodificación de antena en la red, la Figura 4 ilustra un proceso correspondiente que puede ser implementado en una estación de telefonía móvil que opera en una red de comunicaciones de telefonía móvil utilizando transmisiones coordinadas de múltiples emplazamientos del transmisor. Como se muestra en el bloque 410, el método ilustrado empieza con la recepción de información de emplazamiento del transmisor que identifica a dos o más emplazamientos de transmisor; uno o varios emplazamientos de transmisor pueden tener dos o más antenas para transmisión de enlace descendente. Esta información identifica a las señales del enlace descendente que la estación de telefonía móvil evaluará para seleccionar vectores de precodificación de antena preferidos para las transmisiones de enlace descendente.

Como se muestra en el bloque 420, la estación de telefonía móvil recibe un índice de grupo de la red, identificado el índice de grupo a uno de una pluralidad de subconjuntos predeterminados (es decir, libros de códigos) de un conjunto predeterminado de vectores de precodificación. Como se ha explicado anteriormente, la red y la estación de telefonía móvil comparten el conocimiento de los subconjuntos de vectores de precodificación; estos subconjuntos pueden ser especificados en un estándar industrial, en algunas realizaciones de ejemplo, específicos para una red particular en otros o desarrollados de una manera específica en otras. Por supuesto, en los últimos casos, es necesario un mecanismo para proporcionar a una estación de telefonía móvil conocimiento compartido de los agrupamientos de libros de códigos, tal como la pre-programación y/o la señalización de difusión.

Como se muestra en el bloque 430, la estación de telefonía móvil evalúa las condiciones del canal de enlace descendente entre la estación de telefonía móvil y cada uno de los emplazamientos del transmisor identificados. Estas evaluaciones son llevadas a cabo en un corto intervalo de tiempo, de manera que las evaluaciones capturan las condiciones del canal a corto plazo, en lugar de las a largo plazo, más estables, condiciones de pérdida de ruta. Sobre la base de las condiciones del canal evaluadas, se elige un vector de precodificación de antena preferido del libro de códigos identificado por el índice de grupo, como se muestra en el bloque 440. Un índice de vector que identifica el vector de precodificación elegido, dado el grupo seleccionado, es a continuación transmitido a la red, como se muestra en el bloque 450. Como se ha explicado anteriormente, este índice de vector puede ser mucho más corto de lo necesario para identificar de manera única un vector de precodificación de un conjunto no agrupado de todos los vectores de precodificación disponibles.

Como con el método basado en la red ilustrado en la Figura 3, la selección de un índice de vector preferido puede ser actualizada periódicamente. Además, un nuevo índice de grupo puede ser señalado a la estación de telefonía móvil de vez en cuando. Así, como se muestra en los bloques 460 y 470, la estación de telefonía móvil periódicamente realiza una comprobación acerca de si se ha recibido un nuevo índice de grupo, especificando un nuevo libro de códigos, o si una nueva info de emplazamiento ha sido recibida, especificando un nuevo conjunto de emplazamientos del transmisor. En cualquier caso, las condiciones de canal a corto plazo son periódicamente re-evaluadas, y un nuevo vector de precodificación preferido es elegido, según sea necesario.

Resultará evidente para los expertos en la materia que son posibles otros ejemplos de las técnicas descritas anteriormente. Por ejemplo, los diagramas de flujo del proceso de las Figuras 3 y 4 ilustran un proceso en el cual el mejor libro de códigos para utilizar en cualquier momento dado es seleccionado en uno o más nodos en el lado fijo de la red de comunicaciones. En otros ejemplos, el libro de códigos es por el contrario seleccionado en la estación de telefonía móvil. Así, por ejemplo, la etapa de “recepción” ilustrada en el bloque 420, en la cual un índice de grupo es determinado por una estación de telefonía móvil simplemente recibiendo de la red, puede ser reemplazado, en algunos ejemplos, con una etapa en la cual un índice de grupo que identifica a un subconjunto particular de vectores de precodificación es determinado en la propia estación de telefonía móvil. En algunas de estas realizaciones de

ejemplo, la estación de telefonía móvil determina el índice de grupo estimando las pérdidas de ruta entre la estación de telefonía móvil y cada una de las diferentes estaciones de telefonía móvil, seleccionando uno de una pluralidad de libros de códigos predefinidos basándose en las pérdidas de ruta estimadas, e identificando el índice de grupo que corresponde al libro de códigos seleccionado. En estas realizaciones, la estación de telefonía móvil puede también ser configurada para transmitir el índice de grupo a la red de comunicaciones de telefonía móvil.

Resultará también evidente para los expertos en la materia que los métodos de ejemplo basados en estación de telefonía móvil descritos anteriormente pueden ser fácilmente adaptados a estaciones de telefonía móvil de varios tipos y que tienen varias arquitecturas de sistema. Un ejemplo de tal estación de telefonía móvil 500 se ilustra en la Figura 5, e incluye un circuito de extremo frontal 510 del receptor, un circuito de transmisor 520 y circuitos de procesamiento de banda de base 530. En la realización representada, los circuitos de procesamiento de banda de base 530 incluyen uno o más microprocesadores, microcontroladores, procesadores de señal digital, y otros, cada uno o todos los cuales puede ser configurado con un software apropiado, que incluye instrucciones de programa para llevar a cabo una o más de las técnicas explicadas anteriormente, almacenadas en la memoria de programa 535. La estación de telefonía móvil 500 incluye también una base de datos de vectores 540, que incluye todos los vectores de precodificación disponibles dispuestos en un formato de manera que un vector particular puede ser identificado por un índice de grupo, identificando un grupo de vectores, y un índice de vector, que identifica a un vector particular dentro de un grupo dado. La base de datos de vectores 540 puede ser almacenada en cualquiera de una variedad de tipos y/o configuraciones de memoria conocidos, y puede ser almacenado en la misma memoria utilizada para la memoria de programa 535, en algunas realizaciones de ejemplo.

Por supuesto, la estación de telefonía móvil 500 ilustrada se proporciona sólo como ejemplo; resultará evidente para los expertos en la materia que varios tipos y configuraciones de estación de telefonía móvil pueden ser adaptados de acuerdo con las técnicas descritas en esta memoria. Asimismo, las técnicas descritas en esta memoria pueden ser aplicadas a las redes de comunicaciones de telefonía móvil que operan de acuerdo con cualquiera de una variedad de estándares de comunicaciones de telefonía móvil, que incluyen, pero que no están limitadas a, estándares de LTE y W-CDMA promulgados por el 3GPP. De hecho, estas técnicas pueden ser adaptadas a los sistemas de comunicaciones que no han sido desarrollados. La invención se define por las reivindicaciones 1 – 6.

REIVINDICACIONES

1. Un método de reducir un número de bits necesarios para que una estación de telefonía móvil (110, 500) especifique dinámicamente un vector de precodificación óptimo para las transmisiones a la estación de telefonía móvil desde una red de comunicación inalámbrica que emplea transmisión de multi-punto a la estación de telefonía móvil (110, 500) de múltiples emplazamientos de transmisor (120A... C) separados geográficamente, comprendiendo el método las etapas de:
 - identificar por parte de la estación de telefonía móvil (110, 500), de una pluralidad de libros de códigos, un libro de códigos en el cual reside un primer vector de precodificación, donde cada libro de códigos corresponde a una combinación particular de pérdidas de ruta entre la estación de telefonía móvil (110, 500) y la pluralidad de antenas de transmisión (140) utilizadas para la transmisión de multi-punto a la estación de telefonía móvil (110, 500), y se determina que el primer vector de precodificación es uno mejor basándose en las condiciones del canal estimadas entre los emplazamientos del transmisor y la estación de telefonía móvil bajo las condiciones de desvanecimiento actuales;
 - transmitir desde la estación de telefonía móvil (110, 500) a la red de comunicación inalámbrica, un identificador para el libro de códigos identificado;
 - especificar por parte de la estación de telefonía móvil (110, 500), un primer índice que identifica al primer vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado;
 - transmitir el primer índice desde la estación de telefonía móvil (110, 500) a la red de comunicación de telefonía móvil;
 - recibir por parte de la estación de telefonía móvil (110, 500), transmisiones de multi-punto desde los múltiples emplazamientos de transmisor (120A... C) separados geográficamente; estando el citado método **caracterizado por:**
 - determinar por parte de la estación de telefonía móvil (110, 500) que las condiciones de desvanecimiento han cambiado, determinando por ello un segundo vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado como uno mejor sobre la base de las condiciones de canal estimadas entre los emplazamientos de transmisor y la estación de telefonía móvil;
 - especificar por parte de la estación de telefonía móvil (110, 500), un segundo índice que identifica el segundo vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado; y
 - transmitir el segundo índice desde la estación de telefonía móvil (110, 500), a la red de comunicación inalámbrica sin retransmitir el identificador para el libro de códigos identificado.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la pluralidad de libros de códigos consiste en Q posibles libros de códigos y el identificador para el libro de códigos identificado comprende $\log_2(Q)$ bits.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada libro de códigos incluye no más de L vectores de precodificación y el índice al primer vector de precodificación comprende $\log_2(Q)$ bits.
4. Una estación de telefonía móvil (500) para su uso en una red de comunicaciones que utiliza transmisiones coordinadas desde múltiples emplazamientos de transmisor (120A... C) separados geográficamente, comprendiendo la estación de telefonía móvil (500):
 - uno o más circuitos de procesamiento de banda de base (530) configurados para:
 - identificar de una pluralidad de libros de códigos, un libro de códigos en el cual reside un primer vector de precodificación, donde cada libro de códigos corresponde a una combinación particular de pérdidas de ruta entre la estación de telefonía móvil y los múltiples emplazamientos del transmisor (120A... C) separados geográficamente utilizados para la transmisión de multi-punto a la estación de telefonía móvil (500), y el primer vector de precodificación está determinado para ser uno mejor basado en las condiciones de canal estimadas entre los emplazamientos del transmisor y la estación de telefonía móvil bajo las actuales condiciones de desvanecimiento;
 - especificar un primer índice que identifica al primer vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado; estando la citada estación de telefonía móvil caracterizada porque los citados uno o más circuitos de procesamiento están también configurados para:
 - determinar que las condiciones de desvanecimiento han cambiado, determinando con ello un segundo vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado como uno mejor sobre la base de las condiciones del canal estimadas entre los emplazamientos del transmisor y la estación de telefonía móvil;

especificar un segundo índice que identifica el segundo vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado; y un transceptor (510, 520) configurado para:

transmitir a la red de comunicación inalámbrica, un identificador para el libro de códigos identificado e identificando el primer índice el primer vector de precodificación dentro del libro de códigos identificado;

5 recibir transmisiones de multi-punto desde la red de comunicación inalámbrica; y

en respuesta a los uno o más circuitos de procesamiento de banda de base (530) especificar el segundo índice, transmitir el segundo índice a la red de comunicación inalámbrica sin retransmitir el identificador para el libro de códigos identificado.

10 5. La estación de telefonía móvil (500) de acuerdo con la reivindicación 4, donde la pluralidad de libros de códigos consiste en Q posibles libros de códigos y el identificador para el libro de códigos identificado comprende $\log_2(Q)$ bits.

6. La estación de telefonía móvil (500) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que cada libro de códigos incluye no más de L vectores de precodificación, y el índice al mejor primer vector de precodificación comprende $\log_2(L)$ bits.

15

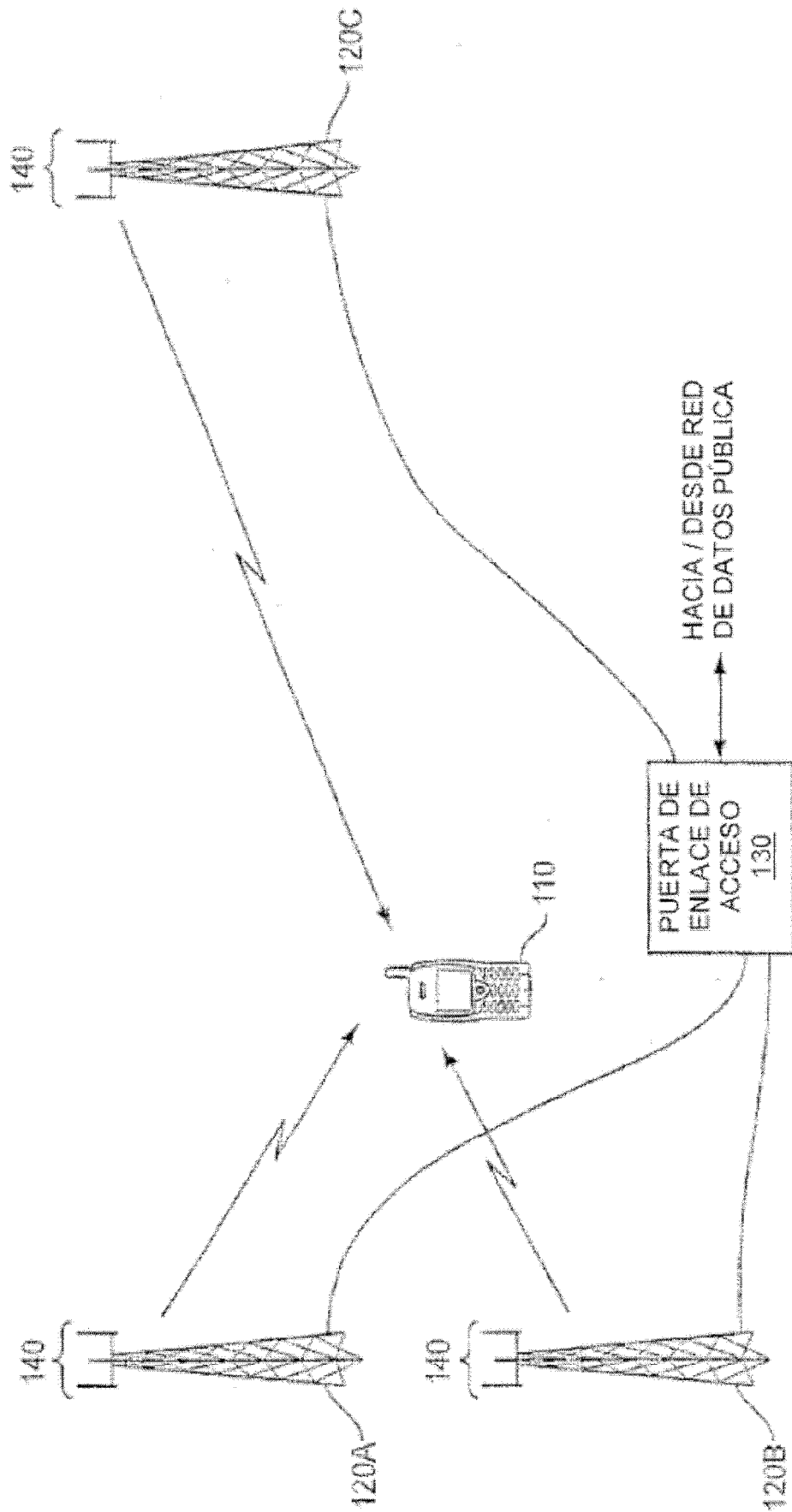


FIG. 1

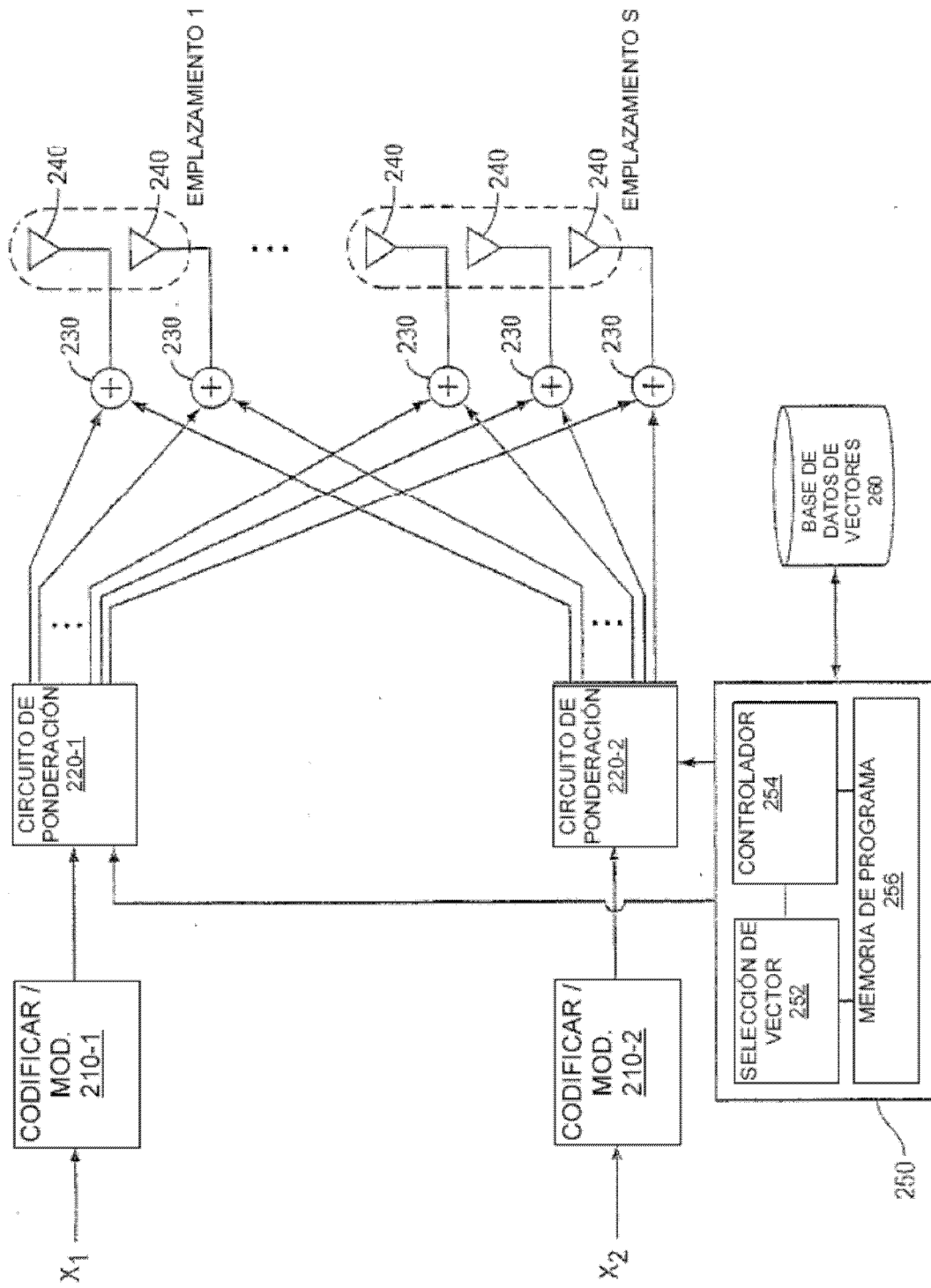


FIG. 2

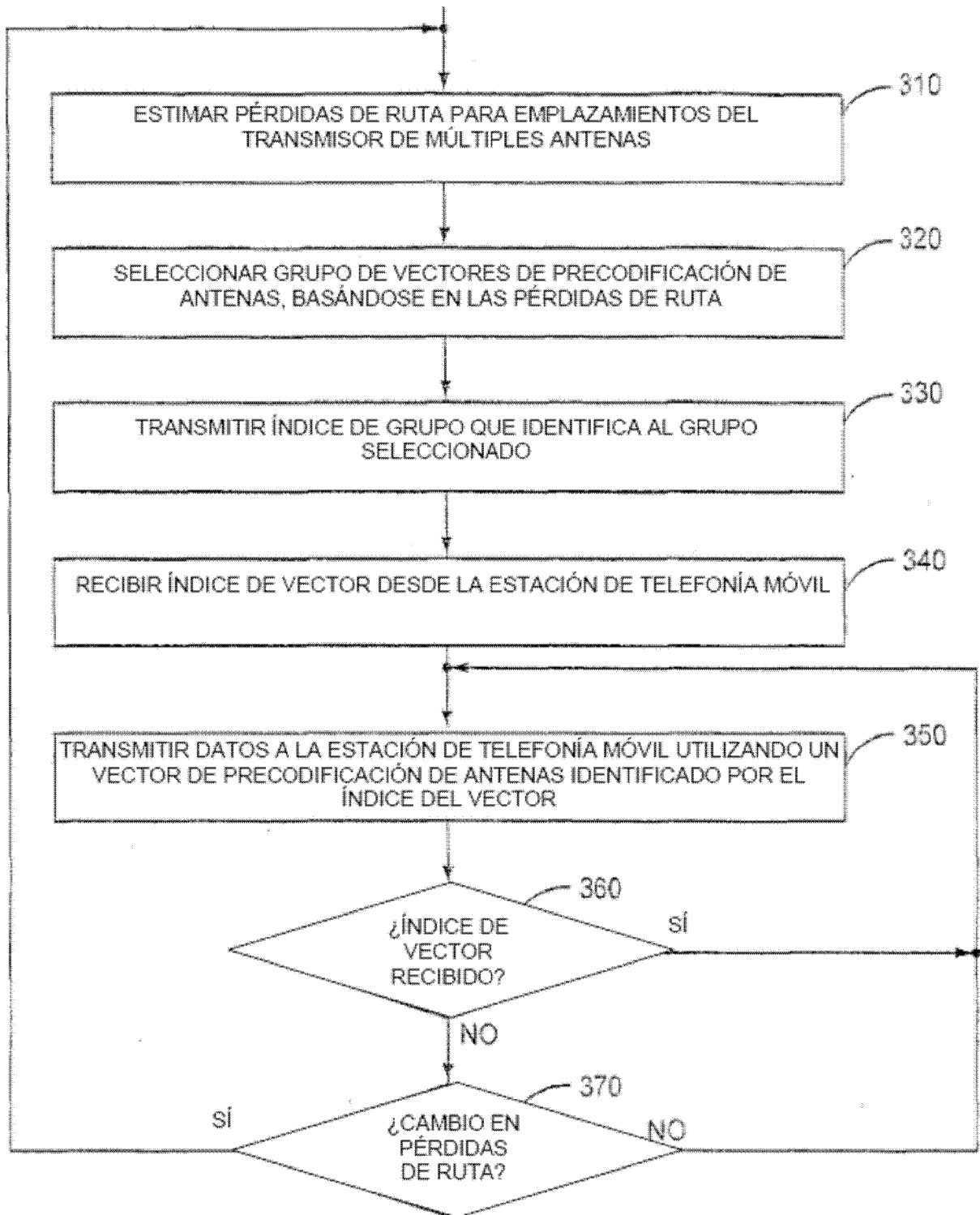


FIG. 3

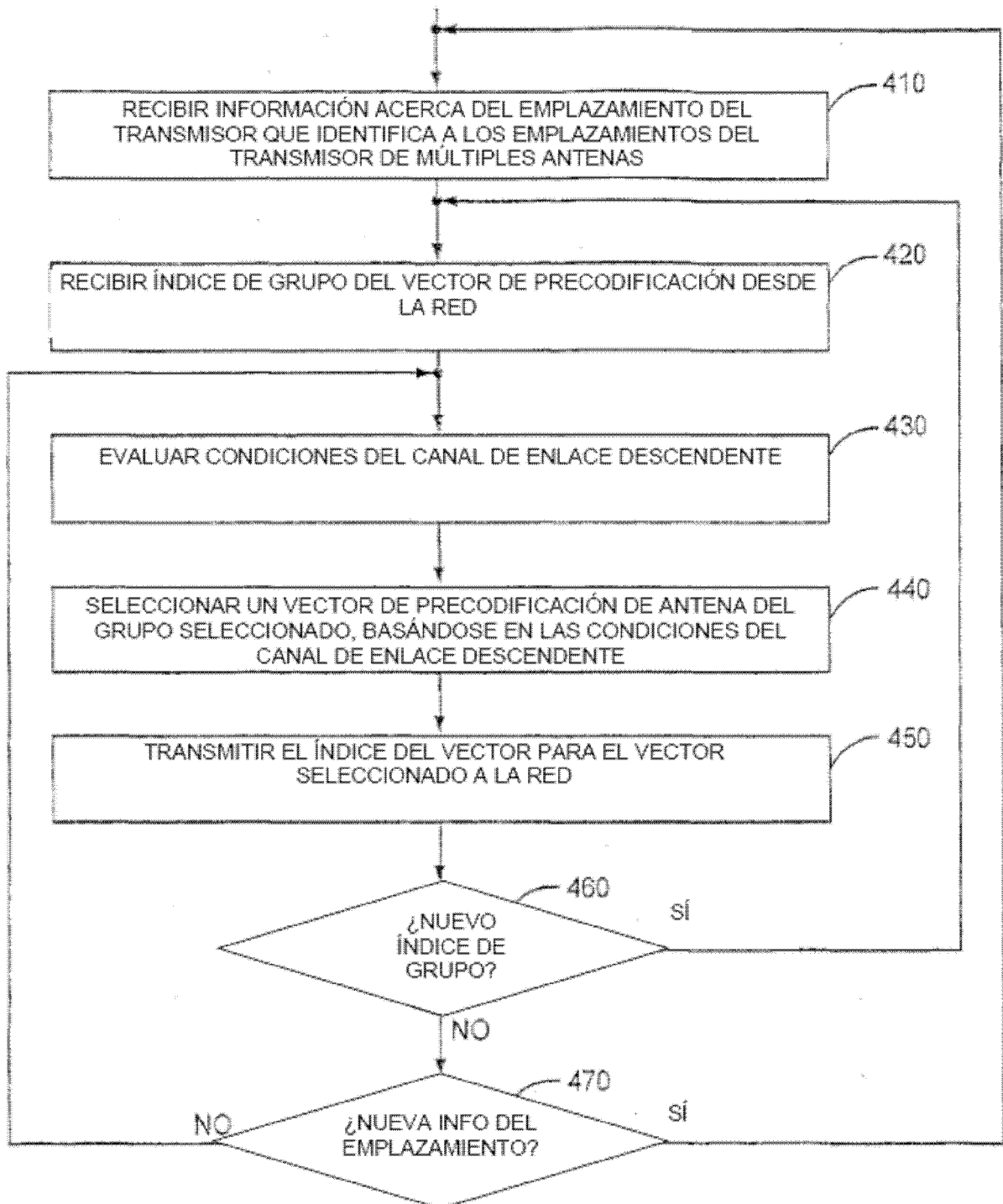


FIG. 4

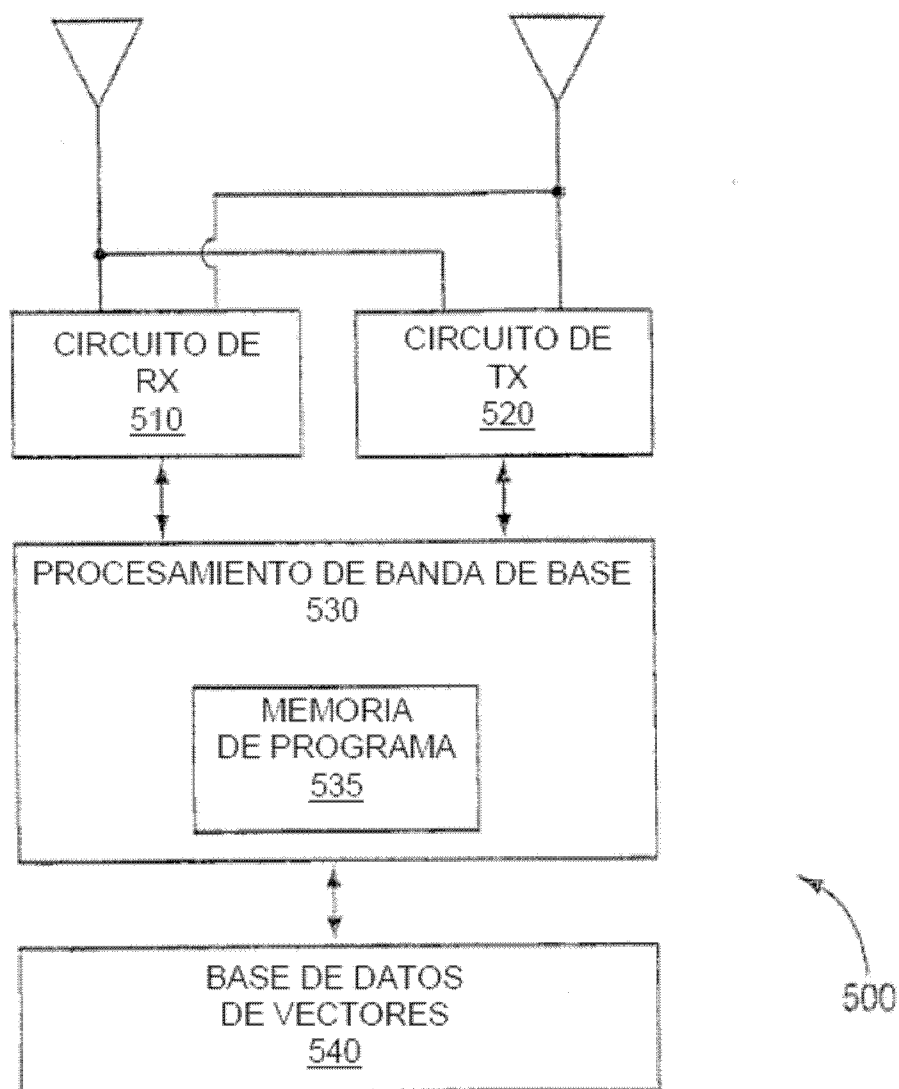


FIG. 5