

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 131**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/26 (2006.01)

H01Q 1/24 (2006.01)

H01Q 21/06 (2006.01)

H01Q 21/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2009 E 09839841 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013 EP 2270923**

54 Título: **Método de calibración y antena activa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.07.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HE, PINGHUA;
WU, JIANFENG y
CHANG, YAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 415 131 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de calibración y antena activa

5 CAMPO DE LA TECNOLOGÍA

La presente invención se refiere al campo de la tecnología de la comunicación y más en particular, a un método de calibración y una antena activa.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Con el progreso de las tecnologías, los transceptores se han desarrollado orientados a la integración y con las tendencias de bajo coste, lo que crea condiciones favorables para la aplicación de formación de haces digitales (DBF). La DBF se puede realizar en tanto que cada dipolo esté configurado con un transceptor, con el fin de formar matrices de transceptores. Un producto en dicha forma se suele referir como una antena activa.

Con el fin de disminuir el coste de fabricación y de mantenimiento de la matriz de transceptores y para simplificar la estructura de interconexión, necesita mejorarse la integración, es decir, una tarjeta de circuito impreso (PCB, esto es, una tarjeta) con un área determinada se configurará con unidades de transceptor tan numerosas como sea posible. Sin embargo, un tamaño de la PCB está limitado por las técnicas de fabricación y de procesamiento. A modo de ejemplo, como para el equipo de tecnología de montaje en superficie (SMT) convencional, una longitud máxima admitida de una PCB es aproximadamente 550 mm. Las unidades de dipolos, para formar una antena activa, están dispuestas en línea recta y existe una distancia de separación entre ellas de aproximadamente 0.8 a 0.9 veces una longitud de onda. Cada unidad de dipolo está conectada a un transceptor, de modo que las matrices de transceptores necesiten disponerse en dos o más tarjetas con la misma distancia de separación. A modo de ejemplo, 8 matrices de transceptores de una antena activa de 18 dBi a una frecuencia de 2 GHz están uniformemente distribuidas dentro de un intervalo entre 900 mm y 1000 mm a lo largo de una línea recta, de modo que las 8 matrices de transceptores necesiten disponerse en dos tarjetas PCBs mismas. Además, las características (tales como una amplitud, una fase y un retardo) de cada unidad de transceptor están dispersas. Con el fin de realizar la DBF, necesitan calibrarse las matrices de transceptores.

El documento US 2008/0036648 A1 da a conocer un sistema para calibrar generadores de forma de onda y receptores de antenas de barrido electrónico, no solapantes, incluye una primera sub-matriz, una segunda sub-matriz y un cable de calibración. La primera sub-matriz incluye un primer generador de formas de onda, un primer receptor y un primer conjunto de conmutación. La segunda sub-matriz incluye un segundo generador de forma de onda, un segundo receptor y un segundo conjunto de conmutación. El cable de calibración está configurado formar, de forma selectiva, una ruta de calibración común entre la primera y la segunda sub-matrices en función de una posición de los primeros y segundos conjuntos de conmutación. Los primero y segundo conjuntos de conmutación están configurados para permitir la calibración del segundo receptor utilizando una entrada desde el primer generador de forma de onda a través del cable de calibración.

El documento US 2008/0291087 A1 da a conocer un sistema de radar de dipolos en fase que comprende una pluralidad de elementos radiantes configurados en una apertura de matriz común para detectar y seguir objetivos y una disposición de transmisión y de recepción sensible a una primera señal de control para configurar la pluralidad de elementos radiantes para definir una pluralidad de sub-aperturas a partir de la apertura matricial común para detectar y efectuar el seguimiento de objetivos de corto alcance, en donde la pluralidad de sub-aperturas son aperturas matriciales independientemente controlables e incluyen un elemento cónico de amplitud aplicado a través de cada una de la pluralidad de sub-aperturas para reducir un nivel máximo del lóbulo lateral.

Considerando esta situación, actualmente, cuando los transceptores de matrices de transceptores están dispuestos en diferentes tarjetas (es decir, una pluralidad de PCBs), una solución para realizar la calibración entre los transceptores, en diferentes tarjetas, se necesita urgentemente en este sector industrial.

SUMARIO DE LA INVENCION

55 La presente invención se refiere a un método de calibración y una antena activa, aplicable para realizar la calibración de transceptores dispuestos en diferentes tarjetas.

En una forma de realización, la presente invención da a conocer una antena activa, que incluye: K matrices de dipolos de antena, 1ª a K-ésima matrices de unidades de transceptor correspondientes a las matrices de dipolos de antena, 1º a K-ésimo multiplexores, 1º a K-ésimo calibradores y una unidad de cálculo de diferencia de característica. La 1ª a K-ésima matrices de unidades de transceptores están dispuestas en correspondencia con las 1ª a K-ésimas tarjetas, respectivamente. Cada matriz de unidades de transceptores incluye una pluralidad de unidades de transceptores. Cada unidad de transceptor incluye un canal receptor y un canal emisor y un módulo de procesamiento de banda base correspondiente. Los primero a 1º a K-ésimos multiplexores están dispuestos en correspondencia con las 1ª a K-ésimas tarjetas, respectivamente. Cada uno de los 1º a K-ésimos multiplexores está configurado para transmitir señales de calibración a multiplexores entre los 1º a K-ésimos multiplexores distintos al propio multiplexor corriente a través de

multiplexores y la conexión de señal de radiofrecuencia (RF) entre multiplexores. Los 1º a K-ésimos calibradores están dispuestos en correspondencia con las 1ª a K-ésimas tarjetas respectivamente y configurados para obtener P valores de diferencia de característica entre P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original. P es igual al número de todas las unidades de transceptor de las 1ª a K-ésimas matrices de unidades de transceptor. La unidad de cálculo de diferencia de característica está configurada para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o un canal emisor de cada unidad de transceptor en la antena activa relativa a un canal receptor y/o canal emisor de referencia respectivamente, en función de una relación de asociación entre un valor de referencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencia de característica obtenidos por cada calibrador de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor relacionado con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original. Cada módulo de procesamiento de banda base está configurado para realizar una compensación de características en una señal de servicio de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente, en donde K es un número entero positivo mayor o igual a 2 y la característica está representada por una amplitud, una fase y un retardo, incluyendo cada bucle de calibración al menos un canal receptor o un canal emisor.

La presente invención da a conocer, además, un método de calibración, que se aplica en una antena activa incluyendo las 1ª a una K-ésima matrices de unidades de transceptor, correspondientes a los 1º a K-ésimos multiplexores y correspondiente a los 1º a K-ésimos calibradores dispuestos en correspondencia en las 1ª a K-ésimas tarjetas, respectivamente. K es un número entero positivo mayor o igual a 2. El método incluye las etapas siguientes. Los 1º a K-ésimos calibradores obtienen P valores de diferencias de características entre P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de las 1ª a K-ésimas tarjetas de la antena activa y una señal de calibración original. P es igual al número de todas las unidades de transceptor de las 1ª a K-ésimas matrices de unidades de transceptor. Un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o un canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con un canal receptor y/o un canal emisor de referencia respectivamente es objeto de cálculo, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencia de característica, obtenidos por cada calibrador de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original. La compensación de característica se realiza en una señal de servicio de una unidad de transceptor correspondiente en un dominio digital en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente; la característica está representada por una amplitud, una fase y un retardo, incluyendo cada bucle de calibración al menos un canal receptor o un canal emisor.

En la antena activa, según las formas de realización de la presente invención, cada calibrador de la antena activa obtiene P valores de diferencias de características entre P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original. Un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con un canal receptor de referencia y/o un canal emisor de referencia se calcula, respectivamente, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencias de características obtenidos por cada uno de los calibradores de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor relacionado con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original. Además, cada módulo de procesamiento de banda base, en la antena activa, realiza la compensación de características, en una señal de servicio, de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente. De este modo, se realiza la calibración exacta de las matrices de transceptores dispuestas en diferentes tarjetas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos están previstos para un mejor conocimiento de la presente invención y constituyen parte de esta solicitud y no constituyen una limitación de la presente invención.

La Figura 1 es un diagrama de bloques estructural de una antena activa según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 2 es una vista estructural esquemática de un enlace pasivo para conectar dos tarjetas según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 3 es un diagrama de bloques estructural de otra antena activa según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 4 es un diagrama de bloques estructural de otra antena activa según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 5 es un diagrama de bloques periférico de combinadores cuando las matrices de transceptores, en una antena activa, están distribuidas en tres tarjetas según una forma de realización de la presente invención;

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de calibración según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 7 es un diagrama de flujo de otro método de calibración según una forma de realización de la presente invención y

10 La Figura 8 es un diagrama de flujo de otro método de calibración según una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

15 Con el fin de hacer más evidentes los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención, se proporciona, a continuación, una descripción detallada de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos y a algunas formas de realización a modo de ejemplo. Las formas de realización, a modo de ejemplo, de la presente invención y su descripción están previstas para interpretar y no para limitar la presente invención.

20 La presente invención da a conocer una antena activa un método de calibración para matrices de transceptores, aplicable para realizar una calibración exacta entre transceptores dispuestos en diferentes tarjetas. Conviene señalar que la calibración, según las formas de realización de la presente invención, se concentra en tres características, esto es, una amplitud, una fase y un retardo de los transceptores y una variable de característica unificada se utiliza para representar las tres características. Además, para la facilidad de ilustración, en los dibujos adjuntos, se utiliza un canal emisor y receptor (referidos, de forma concisa, como canal de TR) se utiliza para representar un canal receptor y/o un canal emisor.

25 En una forma de realización, la presente invención da a conocer una antena activa, que incluye: K matrices de dipolos de antena, 1ª a una K-ésima matrices de unidades de transceptor, correspondientes a las matrices de dipolos de antena, 1º a un K-ésimo multiplexores, 1º a un K-ésimos calibradores y una unidad de cálculo de diferencia de característica.

30 Las 1ª a K-ésimas matrices de unidades de transceptor correspondientes a las matrices de dipolos de antena están dispuestas en correspondencia con las 1ª a K-ésimas tarjetas respectivamente. Cada matriz de unidades de transceptor incluye una pluralidad de unidades de transceptor. Cada unidad de transceptor incluye un canal receptor y un canal emisor y un módulo de procesamiento de banda base correspondiente.

35 Los 1º a K-ésimos multiplexores están dispuestos en correspondencia con las 1ª a K-ésimas tarjetas, respectivamente. Cada uno de los 1º a K-ésimos multiplexores está configurado para transmitir señales de calibración a multiplexores entre los 1º a K-ésimos multiplexores que no son el propio multiplexor corriente a través de multiplexores y la conexión electromagnética entre multiplexores.

40 Los 1º a K-ésimos calibradores están dispuestos en correspondencia con las 1ª a K-ésimas tarjetas respectivamente y configurados para obtener P valores de diferencia de característica entre P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original. P es igual al número de todas las unidades de transceptor de las 1ª a K-ésimas matrices de unidades de transceptor. Conviene señalar que los bucles de calibración están formados por calibradores, multiplexores, acopladores, canales TR y módulos de procesamiento de banda base en donde se transmiten las señales de calibración.

45 La unidad de cálculo de diferencia de característica está configurada para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o un canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con un canal receptor y/o canal emisor de referencia, respectivamente, en función de una relación de asociación entre una valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y P valores de diferencias de característica obtenidos por cada calibrador de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor relacionado con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original.

50 Cada módulo de procesamiento de banda base está configurado para realizar la compensación de características en una señal de servicio de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente, en donde K es un número entero positivo mayor o igual a 2.

55 Además, en una puesta en práctica, la unidad de cálculo de diferencia de característica es una primera unidad de cálculo de diferencia de característica, configurada para obtener un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor dispuesta en cada tarjeta en relación con el canal receptor y/o canal emisor de referencia, respectivamente, mediante una operación matricial según las P matrices unidimensionales correspondientes a bucles de calibración, por donde pasan las señales de calibración. La matriz unidimensional

representa características de cada componente, en donde la señal se transmite en el bucle de calibración correspondiente y un valor de diferencia de característica entre la señal de calibración que pasa a través del bucle de calibración y la señal de calibración original.

5 En una puesta en práctica, si la calibración de recepción de transceptores dispuestos en diferentes tarjetas está prevista que se realice, cada calibrador en la antena activa, según una forma de realización de la presente invención, se configura concretamente para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original se divide en una pluralidad de señales multiplexadas mediante un multiplexor de la antena activa en la tarjeta corriente y dicha pluralidad de señales multiplexadas entra en los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la tarjeta corriente, respectivamente. Además, la señal de calibración de recepción original se transmite a multiplexores entre los K multiplexores y que no sean el multiplexor corriente por intermedio de la conexión electromagnética entre multiplexores y la señal de calibración de recepción original se divide en una pluralidad de señales multiplexadas por cada uno de los otros multiplexores y a continuación, dicha pluralidad de señales multiplexadas entra en los bucles de calibración de recepción de la antena activa en cada una de las demás tarjetas, respectivamente. El calibrador está configurado, además, para recibir P señales de calibración de recepción que pasan a través de todos los bucles de calibración de recepción de la antena activa en las 1ª a K-ésimas tarjetas y a continuación, para obtener P valores de diferencia de característica entre las P señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original enviada mediante la comparación correspondiente.

20 En una puesta en práctica de la invención, si la calibración de transmisión de transceptores dispuestos en diferentes tarjetas está prevista que se realice, el módulo de procesamiento de banda base, en la antena activa, se configura, además, para enviar una señal de calibración de transmisión original, en donde un módulo de procesamiento de banda base realiza el envío después de que transcurra un intervalo de retardo predeterminado en el que otro módulo de procesamiento de banda base realiza el envío. La señal de calibración de transmisión original entra en un canal de transmisión correspondiente según una dirección de transmisión de señal.

Cada calibrador, en la antena activa, según una forma de realización de la presente invención, está configurado concretamente para recibir I señales de calibración de transmisión que pasan a través de bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la tarjeta corriente a través de los multiplexores correspondientes, en donde I es igual al número de todos los canales de transmisión de la antena activa en la tarjeta corriente. Además, el calibrador está configurado, además, para recibir (P-I) señales de calibración de transmisión transferidas a través de la conexión electromagnética entre multiplexores y para obtener P valores de diferencia de característica comparando la diferencia de característica entre las P señales de calibración de transmisión recibidas con la señal de calibración de transmisión original enviada por el módulo de procesamiento de banda base correspondiente.

35 En la antena activa según una forma de realización de la presente invención, cada multiplexor incluye una matriz de conmutación, un divisor/combinador de potencia, un duplexor o cualquiera de sus combinaciones.

40 En una puesta en práctica de la invención, si los calibradores están clasificados en tipos primarios y secundarios, la unidad de cálculo de diferencia de característica puede integrarse con un calibrador para formar un calibrador primario integrado. Como alternativa, en otra puesta en práctica, la unidad de cálculo de diferencia de característica puede integrarse con un módulo de procesamiento de banda base para formar un módulo integral.

45 Puede deducirse de la descripción anterior que, en la antena activa según una forma de realización de la presente invención, cada matriz de unidades de transceptor está en correspondencia con un solo calibrador. Cada matriz de unidad de transceptor no está solamente calibrada por el calibrador correspondiente en la misma tarjeta, sino que también se calibra por otros calibradores dispuestos en otras tarjetas. Es decir, las señales de calibración se transfieren a matrices de unidades de transceptor y calibradores, en otras tarjetas, mediante multiplexores dispuestos en diferentes tarjetas y la conexión electromagnética entre multiplexores. Cada calibrador de la antena activa obtiene P valores de diferencia de característica entre P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original. Además, la unidad de cálculo de diferencia de característica calcula un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o un canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con un canal receptor y/o canal emisor de referencia, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencia de característica obtenidos por cada uno de los calibradores de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor relacionado con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original. Además, cada módulo de procesamiento de banda base, en la antena activa, realiza la compensación de características en una señal de servicio de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente. Por lo tanto, la calibración exacta de las matrices de transceptores, dispuestas en diferentes tarjetas, se realiza según lo que antecede.

Primera forma de realización

65 La Figura 1 es un diagrama de bloques de principio de una antena activa según una primera forma de realización de la presente invención. En esta forma de realización, se considera, a modo de ejemplo, que las matrices de transceptores

están distribuidas en dos tarjetas para realizar una ilustración detallada. La antena activa incluye dos matrices de dipolos de antena, una matriz de unidades de transceptor (correspondiente a una de las matrices de dipolos de antena) dispuesta en una primera tarjeta (esto es, una tarjeta 1 en la Figura 1), un multiplexor D1, un calibrador E1, una matriz de unidades de transceptores (correspondientes a la otra matriz de dipolos de antena) dispuesta en una segunda tarjeta (esto es, una tarjeta 2 en la Figura 1), un multiplexor D2 y un calibrador E2. Una conexión de señal digital se establece entre el calibrador E1 y el calibrador E2. Una conexión de señal de radiofrecuencia RF se establece entre multiplexor D1 y el multiplexor D2. La matriz de unidades de transceptor, en la primera tarjeta, incluye M unidades de transceptor (es decir, canales de TR B11 a B1M en la Figura 1). La matriz de unidades de transceptores, en la segunda tarjeta, incluye N unidades de transceptor (es decir, canales TR B21 a B2N en la Figura 1). Cada unidad de transceptor incluye un canal de TR (un canal receptor y/o un canal emisor) y un módulo de procesamiento de banda base correspondiente. $M \geq 2$ y $N \geq 2$.

El calibrador E1 está configurado para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre (M+N) señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original.

El calibrador E2 está configurado para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre (M+N) señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original.

La unidad de cálculo de diferencia de característica está configurada para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o un canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con un canal receptor y/o un canal emisor de referencia respectivamente, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por cada calibrador de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor relativo a la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original. En la primera forma de realización, la unidad de cálculo de diferencia de característica está integrada con el calibrador E1 (o integrada con calibrador E2).

Conviene señalar que, cada bucle de calibración incluye al menos un canal receptor o un canal emisor. Dicho de otro modo, un canal receptor o un canal emisor corresponde a un solo bucle de calibración.

Cada módulo de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) está configurado para realizar la compensación de características en una señal de servicio de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente.

Conviene señalar que los canales de TR B11 a B1M y los canales de TR a B21 a B2N, según se ilustra en la Figura 1, tienen las mismas funciones que en la técnica anterior y los acopladores C11 a C1M y C21 a C2N tienen las mismas funciones que en la técnica anterior, por lo que aquí se omite su descripción.

Con el fin de realizar la calibración de recepción en las matrices de transceptores distribuidas en la primera tarjeta y en la segunda tarjeta, la descripción específica se proporciona como sigue.

El calibrador E1 está configurado concretamente para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en M señales multiplexadas a través del multiplexor D1. Las M señales multiplexadas entran en los M bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta, respectivamente. La señal de calibración de recepción original se transfiere al multiplexor D2 por intermedio de la conexión de señal de RF entre el multiplexor D1 y el multiplexor D2 y se divide en N señales multiplexadas por intermedio del multiplexor D2. Las N señales multiplexadas entran en los N bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta, respectivamente. Además, el calibrador E1 está configurado para recibir M señales de calibración de recepción que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y N señales de calibración de recepción que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren a través de la conexión de señal digital entre el calibrador E1 y el calibrador E2 y para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre las (M+N) señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original enviada por el calibrador E1 mediante comparación, en donde $M \geq 2$ y $N \geq 2$. M es igual al número de todos los canales receptores de la antena activa en la primera tarjeta. N es igual al número de todos los canales receptores de la antena activa en la segunda tarjeta.

Conviene señalar que los M bucles de calibración de recepción de la antena activa, en la primera tarjeta, están aquí formados por el calibrador E1, el multiplexor D1, M canales receptores y M módulos de procesamiento de banda base correspondientes en la primera tarjeta. Los N bucles de calibración de recepción de la antena activa, en la segunda tarjeta, están aquí formados por el calibrador E1 y el multiplexor D1 en la primera tarjeta y el multiplexor D2, N canales receptores, N módulos de procesamiento de banda base correspondientes y el calibrador E2 en la segunda tarjeta.

El calibrador E2 está configurado concretamente para enviar una señal de calibrador de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en N señales multiplexadas por intermedio del multiplexor D2. Las N señales multiplexadas entran en los N bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta, respectivamente. La señal de calibración de recepción original se transfiere al multiplexor D1 a través de la conexión de

señal de RF entre el multiplexor D2 y el multiplexor D1 y se divide en M señales multiplexadas por intermedio del multiplexor D1. Las M señales multiplexadas entran en los M bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta, respectivamente. Además, el calibrador E2 está configurado para recibir N señales de calibración de recepción que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y M señales de calibración de recepción que pasan a través de bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren a través de la conexión de señal digital entre el calibrador E1 y el calibrador E2 y obtener (M+N) valores de diferencias de características entre las (M+N) señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original enviada por el calibrador E2 mediante comparación.

Conviene señalar que, los N bucles de calibración de recepción de la antena activa, en la segunda tarjeta, se forman, en este caso, por el calibrador E2, el multiplexor D2, N canales de recepción y N módulos de procesamiento de banda base correspondientes en la segunda tarjeta. Los M bucles de calibración de la antena activa en la primera tarjeta están formados, en este caso, por el calibrador E2 y el multiplexor D2 en la segunda tarjeta y por el multiplexor D1, M canales receptores, M módulos de procesamiento de banda base correspondientes y el calibrador E1 en la primera tarjeta.

La unidad de cálculo de diferencia de característica está configurada concretamente para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor de cada unidad de transceptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas en relación con un canal de recepción de referencia en función de una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración de recepción, en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por calibrador E1 y en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre la señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de recepción de la antena activa y la señal de calibración original. En la primera forma de realización de la presente invención, la unidad de cálculo de diferencia de característica está integrada con el calibrador E1.

Más concretamente, el valor de la diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con el canal receptor y/o canal emisor de referencia se obtiene mediante una operación matricial de matrices respectivamente, en función de las (M+N) matrices unidimensionales obtenidas por el calibrador E1 y (M+N) matrices unidimensionales obtenidas por el calibrador E2. Conviene señalar que, después de que la señal de calibración termine de pasar a través de un bucle de calibración, puede obtenerse una matriz unidimensional. En la forma de realización de la presente invención, las (M+N) matrices unidimensionales se obtienen después de la señal de calibración enviada por el calibrador E1 que acaba de pasar a través de los (M+N) bucles de calibración, respectivamente. Las (M+N) matrices unidimensionales se obtienen después de que la señal de calibración, enviada por el calibrador E2, termine de pasar a través de los (M+N) bucles de calibración, respectivamente. Una pluralidad de matrices unidimensionales forma una matriz bidimensional. Mediante la operación matricial, el valor de diferencia de característica de cada canal receptor relativo a un determinado canal de recepción (un canal de recepción de referencia, a modo de ejemplo, un canal de recepción en el canal de TR 11) se obtiene a este respecto.

Cada módulo de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) está concretamente configurado para realizar la compensación de características en una señal de servicio de recepción de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal de recepción de la unidad de transceptor correspondiente, de modo que cada señal de servicio de recepción pueda acumularse de forma coherente.

Más concretamente, el valor de diferencia de característica del canal de recepción de cada unidad de transceptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas en relación con el canal de recepción de referencia se proporciona para ser solicitada por (M+N) módulos DBF de recepción situados dentro de los módulos de procesamiento de banda base, respectivamente. El proceso incluye las etapas siguientes. Una post-compensación para características de señales (una amplitud, una fase y un retardo) se realiza, en un dominio digital, para cada señal de servicio de recepción después de la demodulación de recepción, con el fin de compensar las diferencias de características (una amplitud, una fase y un retardo) del canal de recepción de cada unidad de transceptor, de modo que las características (una amplitud, una fase y un retardo) de las señales de banda base de todos los canales de recepción sean iguales o estén distribuidas según una determina regla con el fin de realizar la acumulación coherente de las (M+N) señales de servicio de recepción, con lo que se forma un diagrama de dirección de recepción de la antena y se consigue un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa.

Conviene señalar que, con el fin de realizar la calibración de recepción en las matrices de transceptores distribuidas en la primera tarjeta y la segunda tarjeta, en otra forma de realización, el calibrador E1 se configura concretamente para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en M señales multiplexadas mediante el multiplexor D1. Las M señales multiplexadas entran en los M bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta, respectivamente. La señal de calibración de recepción original se transmite al multiplexor D2 a través de la conexión de señal de RF entre el multiplexor D1 y el multiplexor D2 y se divide en N señales multiplexadas mediante el multiplexor D2. Las N señales multiplexadas entran en los N bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta, respectivamente. Además, el calibrador E1 está configurado para obtener características de M señales de calibración que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y las características de N señales de calibración que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren a través de la

conexión de señal digital entre el calibrador E1 y el calibrador E2 y para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre las características de las (M+N) señales de calibración de recepción y las características de la señal de calibración de recepción original enviada mediante comparación.

5 El calibrador E2 está configurado concretamente para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en N señales multiplexadas mediante el multiplexor D2. Las N señales multiplexadas entran en los N bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta, respectivamente. La señal de calibración de recepción original se transfiere al multiplexor D1 a través de la conexión de señal RF entre el multiplexor D2 y el multiplexor D1 y se divide en M señales multiplexadas mediante el multiplexor D1.
 10 Las M señales multiplexadas entran en los M bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta, respectivamente. Además, el calibrador E2 está configurado para obtener características de N señales de calibración de recepción que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y las características de M señales de calibración de recepción que pasan a través de los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren, a través de la conexión de señal digital, entre el calibrador E1 y el calibrador E2 y para obtener (M+N) valores de diferencia de características entre las características de las (M+N) señales de calibración de recepción y las características de la señal de calibración de recepción original mediante comparación.

20 Con el fin de realizar la calibración de transmisión en las matrices de transceptores distribuidas en la primera tarjeta y la segunda tarjeta, se proporciona a continuación una descripción específica.

Los M módulos de procesamiento de banda base (A11 a A1M) están configurados, además, para enviar M señales de calibración de transmisión original, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base en secuencia, uno tras otro, y un solo módulo de procesamiento de banda base realiza el envío después de un intervalo de retardo predeterminado en el que otro módulo de procesamiento de banda base realiza el envío. Las señales de calibración de transmisión originales entran en los correspondientes canales de transmisión según direcciones de transmisión de las señales (es decir, las señales de calibración de transmisión originales entran en los bucles de calibración de transmisión).

30 Los N módulos de procesamiento de banda base (A21 a A2N) están configurados, además, para enviar N señales de calibración de transmisión originales, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base en secuencia uno tras otro, y un solo módulo de procesamiento de banda base realiza el envío después del intervalo de retardo predeterminado en secuencia en el que otro módulo de procesamiento de banda base realiza el envío. Las señales de calibración de transmisión originales entran en los correspondientes canales de transmisión según las direcciones de transmisión de señales (es decir, las señales de calibración de transmisión originales entran en los bucles de calibración de transmisión).

40 El calibrador E1 está concretamente configurado para recibir M señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta y N señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren a través de la conexión de señal de RF entre el multiplexor D1 y el multiplexor D2 y para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre las señales de calibración de transmisión y las (M+N) señales de calibración de transmisión originales respectivamente mediante comparación, en donde $M \geq 2$ y $N \geq 2$. M es igual al número de todos los canales de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta. N es igual al número de todos los canales de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta.

50 El calibrador E2 está concretamente configurado para recibir N señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta y M señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren a través de la conexión de señal de RF entre el multiplexor D1 y el multiplexor D2 y para obtener (M+N) valores de diferencia de características entre las señales de calibración de transmisión y las (M+N) señales de calibración de transmisión originales, respectivamente, mediante comparación.

55 Debe entenderse que los M bucles de calibración de transmisión pueden estar formados por M los módulos de procesamiento de banda base, los M canales de TR correspondientes (más concretamente, los canales de transmisión), el multiplexor D1 y el calibrador E1 en la primera tarjeta. Los M bucles de calibración de transmisión pueden estar formados por los M módulos de procesamiento de banda base, los M canales de TR correspondientes (más concretamente, los canales de transmisión) y el multiplexor D1 en la primera tarjeta y el multiplexor D2 y el calibrador E2 en la segunda tarjeta.

60 Debe entenderse que N bucles de calibración de transmisión pueden estar formados por los N módulos de procesamiento de banda base, los N canales de TR correspondientes (más concretamente, canales de transmisión), el multiplexor D2 y el calibrador E2 en la segunda tarjeta. N bucles de calibración de transmisión pueden formarse por los N módulos de procesamiento de banda base, los N canales de TR correspondientes (más concretamente, canales de transmisión), el multiplexor D2 en la segunda tarjeta, el multiplexor D1 y el calibrador E1. Conviene señalar que, en

función de la dirección de transmisión de los flujos de señales, los enlaces de conexión o las líneas de microbanda, entre las unidades componentes antes citadas, son también componentes de bucles de calibración.

La unidad de cálculo de diferencia de característica está concretamente configurada para calcular un valor de diferencia de característica de un canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas en relación con un canal de transmisión de referencia, en función de una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración de transmisión, en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E1 y en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E2 (en la primera forma de realización de la presente invención, la unidad de cálculo de diferencia de característica está integrada con el calibrador E1), en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre la señal de calibración de transmisión que pasa a través de cada bucle de calibración de transmisión de la antena activa y las señales de calibración de transmisión originales.

Cada módulo de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) está concretamente configurado para realizar la pre-compensación sobre las características de una señal de servicio de transmisión de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente, de modo que la característica de cada señal de servicio de transmisión estén distribuidas en el extremo frontal de los transceptores según una regla determinada.

Más concretamente, el valor de diferencia de característica del canal multiplexor de cada unidad de transceptor de la antena activa, en las primera y segunda tarjetas relativas al canal de transmisión de referencia, se proporciona para su solicitud por (M+N) módulos DBF de transmisión situados dentro de los módulos de procesamiento de banda base, respectivamente. El proceso incluye las etapas siguientes. La pre-compensación para características de señales (una amplitud, una fase y un retardo) se realiza, en un dominio digital, para cada señal de banda base de transmisión antes de la demodulación de transmisión, con el fin de compensar las diferencias de características (una amplitud, una fase y un retardo) del canal de transmisión de cada unidad de transceptor, de modo que las características (una amplitud, una fase y un retardo) de todas las señales de transmisión después de ser moduladas y amplificadas por el canal de transmisión sean iguales en el extremo frontal de los transceptores (entre un dipolo de antena y un duplexor) o distribuidas en conformidad con una regla determinada. Las señales de transmisión se convierten en ondas electromagnéticas mediante el dipolo de antena y la composición de vectores tiene lugar para las ondas electromagnéticas en el aire, con el fin de formar el diagrama de dirección de transmisión requerido de la antena.

Además, en la forma de realización de la presente invención, una estructura de interconexión según se ilustra en la Figura 2, puede adoptarse entre el multiplexor D1 y el multiplexor D2. La Figura 2 es una vista esquemática de un enlace pasivo para conectar dos tarjetas según una forma de realización de la presente invención. Según se ilustra en la Figura 2, el enlace pasivo incluye conectores coaxiales (hembras), conectores coaxiales (machos) y un cable coaxial. Los conectores coaxiales (machos) están respectivamente dispuestos en dos extremos del cable coaxial. Los conectores coaxiales (machos) están respectivamente conectados a los conectores coaxiales (hembras) dispuestos en la tarjeta 1 y en la tarjeta 2.

En otra puesta en práctica, puede existir una conexión de señal de onda electromagnética entre el multiplexor D1 y el multiplexor D2.

Dos tarjetas se toman, a modo de ejemplo, en la descripción anterior. Debe entenderse que, se pueden adoptar más tarjetas, que se pueden expandir en principio.

La forma de realización de la presente invención es aplicable para realizar la calibración en matrices de transceptores dispuestas en diferentes tarjetas. En la antena activa, según la forma de realización de la presente invención, existe una relación de mapeado de correspondencia entre los módulos de calibración y las matrices de transceptores. Es decir, cada matriz de transceptores corresponde a un solo módulo de calibración. A modo de ejemplo, una matriz de transceptores, en la primera tarjeta, corresponde al calibrador E1, una matriz de transceptores en la segunda tarjeta corresponde al calibrador E2, ..., y una matriz de transceptores M en la M-ésima tarjeta corresponde al calibrador EM. Cada matriz de transceptores no está solamente calibrada por el calibrador correspondiente a la matriz de transceptores corriente, sino que también se calibra por los otros (M-1) calibradores más allá del calibrador correspondiente a la matriz de transceptores corriente.

Conviene señalar que, en la antena activa según la forma de realización de la presente invención, el multiplexor D1 en la primera tarjeta y el multiplexor D2 en la segunda tarjeta tienen las mismas estructuras, forma y características o tienen diferencias de características que son ya conocidas. Durante la derivación de la fórmula siguiente, se supone que los multiplexores tienen las mismas características por defecto. Las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al multiplexor 1 tienen las mismas características que las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde C21, C22, ..., C2N al multiplexor 2. Los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M a un extremo de entrada A1 del calibrador 1 tienen las mismas características que los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N a un extremo de entrada A2 del calibrador 2. Los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al extremo de entrada A2 del calibrador 2 tienen las mismas características que los enlaces pasivos desde C21, C22, ...,

C2N al extremo de entrada A1 del calibrador 1. Todos los módulos de procesamiento de banda base, en la tarjeta 1 y en la tarjeta 2, son circuitos digitales y tienen las mismas características.

5 Puede deducirse de la descripción anterior que, en la antena activa según la primera forma de realización de la presente invención, un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o un canal emisor de cada unidad de transceptor dispuesto sobre las primera y segunda tarjetas en relación con un canal receptor y/o un canal emisor de referencia se calcula a este respecto, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración, en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E1 y en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor relativo a la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración y la señal de calibración original. A continuación, se realiza la compensación de características en una señal de servicio de la unidad de transceptor, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o del canal emisor de la unidad de transceptor. Por lo tanto, se realiza una calibración exacta entre los transceptores dispuestos sobre diferentes tarjetas. Es decir, las características de un determinado canal receptor o canal emisor se toman como la referencia, con el fin de compensar las diferencias de características de los canales receptores o canales emisores en las unidades de transceptores distribuidas en diferentes tarjetas. De este modo, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de las señales de servicio de todos los canales de recepción son iguales o están distribuidas en función de una regla determinada, con el fin de realizar una acumulación coherente de las (M+N) señales de servicio de recepción, con lo que se forma un diagrama de dirección de recepción requerido de la antena y se consigue un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa. Además, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de todas las señales de transmisión después de ser moduladas y amplificadas por el canal emisor pueden hacerse iguales en el extremo frontal de los transceptores (entre un dipolo de antena y un duplexor en el canal de TR) o estar distribuidas en función de una regla determinada. Las señales de transmisión se convierten en ondas electromagnéticas mediante el dipolo de antena y la composición de vectores ocurre para las ondas electromagnéticas en el aire, con el fin de formar un diagrama de dirección de transmisión requerido de la antena.

Segunda forma de realización

30 La Figura 3 es una vista estructural esquemática de una antena activa según una segunda forma de realización de la presente invención. Haciendo referencia a la Figura 3, la antena activa incluye dos matrices de dipolos de antena, una matriz de unidad de transceptores (correspondiente a una de las matrices de dipolos de tenas) dispuestas en una tarjeta 1, los combinadores 1A, 1B y 1C y un calibrador F1, una matriz de unidad de transceptores (correspondiente a la otra matriz de dipolos de antena) dispuesta en una tarjeta 2, los combinadores 2A, 2B y 2C y un calibrador F2. El calibrador F1 y el calibrador F2 están conectados a través de una conexión de señal digital. El combinador 1A y el combinador 1B están conectados a través de un enlace B1. El combinador 1B y el combinador 1C están conectados a través de un enlace E1. El combinador 1B y el combinador 2C están conectados a través de un enlace D1. El combinador 2A y el combinador 2B están conectados a través de un enlace B2. El combinador 2B y el combinador 2C están conectados a través de un enlace E2. El combinador 2B y el combinador 1C están conectados a través de un enlace D2. Las estructuras de los enlaces D1, D2, son las mismas que los enlaces pasivos según la primera forma de realización de la presente invención (haciendo referencia a la Figura 2).

A continuación se proporciona una ilustración detallada utilizando, a modo de ejemplo, la realización de la calibración de recepción en transceptores dispuestos en la tarjeta 1 y la tarjeta 2.

45 El calibrador F1 está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en dos señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 1C. Una señal de calibración de recepción pasa a través del enlace E1, del combinador 1B, del enlace B1 y del combinador 1A en secuencia según una dirección de transmisión de señal y a continuación, la señal de calibración de recepción se divide en M señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 1A. Las M señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de M unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C11 a C1M respectivamente, pasan a través de los canales de recepción y de los módulos de procesamiento de banda base de las correspondientes unidades de transceptores y retornan al calibrador F1. La otra señal de calibración de recepción pasa a través del enlace D2, del combinador 2B, del enlace B2 y del combinador 2A en secuencia, según una dirección de transmisión de señal y a continuación, la señal de calibración de recepción se divide en N señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 2A. Las N señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de las N unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C21 a C2N respectivamente, pasan a través de los canales de recepción y de los módulos de procesamiento de banda base de las correspondientes unidades de transceptores y retornan al calibrador F2. El calibrador F2 transmite las N señales de calibración de recepción al calibrador F1 a través de la conexión de señal digital con el calibrador F1. A continuación, los (M+N) valores de diferencia de característica entre las (M+N) señales de calibración de recepción recibidas, que pasan a través de los bucles de calibración y la señal de calibración de recepción original, se obtienen mediante comparación. Conviene señalar que la conexión de señal digital entre el calibrador F1 y el calibrador F2 no influye sobre la amplitud y fase de las señales. Sin embargo, está incluido el retardo de las señales, pero la influencia es bastante pequeña y ya conocida.

5 Debe entenderse que los M bucles de calibración de recepción se forman por el calibrador F1, el combinador 1C, el combinador 1B, el combinador 1A, M canales de TR (más concretamente, canales de recepción) y los correspondientes M módulos de procesamiento de banda base en la primera tarjeta. Los N bucles de calibración de recepción están formados por el calibrador F1 y el combinador 1C en la primera tarjeta, el combinador 2B, el combinador 2A, N canales de TR (más concretamente, canales de recepción), los N módulos de procesamiento de banda base correspondientes y el calibrador F2 en la segunda tarjeta.

10 El calibrador F2 está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en dos señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 2C. Una señal de calibración de recepción pasa a través del enlace E2, del combinador 2B, del enlace B2 y del combinador 2A, en secuencia, según una dirección de transmisión de señal y luego, la señal de calibración de recepción se divide en N señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 2A. Las N señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de N unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C21 a C2N respectivamente, pasan a través de los canales de recepción y de los módulos de procesamiento de banda base de las unidades de transceptores correspondientes y retornan al calibrador F2. La otra señal de calibración de recepción pasa a través del enlace D1, del combinador 1B, del enlace B1 y del combinador 1A, en secuencia, según una dirección de transmisión de señal y luego, la señal de calibración de recepción se divide en M señales de calibración de recepción multiplexadas a través del combinador 1A. Las M señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de M unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C11 a C1M respectivamente, pasan a través de los canales de recepción y de los módulos de procesamiento de banda base de las unidades de transceptores correspondientes y retoman al calibrador F1. El calibrador F1 transmite las M señales de calibración de recepción al calibrador F2 a través de la conexión de señal digital con el calibrador F2. A continuación, (M+N) valores de diferencia de características entre las (M+N) señales de calibración de recepción recibidas, que pasan a través de los bucles de calibración y la señal de calibración de recepción original, se obtienen mediante comparación. Conviene señalar que la conexión de señal digital entre el calibrador F1 y el calibrador F2 no influye sobre la amplitud y la fase de las señales. Sin embargo, el retardo de las señales está incluido, pero la influencia es bastante pequeña y ya conocida.

30 Debe entenderse que los N bucles de calibración de recepción están formados por el calibrador F2, el combinador 2C, el combinador 2B, el combinador 2A, N canales de TR (más concretamente, canales de recepción) y los correspondientes N módulos de procesamiento de banda base en la segunda tarjeta. Los M bucles de calibración de recepción están formados por el calibrador F2 y el combinador 2C en la segunda tarjeta, el combinador 1B, el combinador 1A, M canales de TR (más concretamente, canales de recepción), los correspondientes M módulos de procesamiento de banda base y el calibrador F1 en la primera tarjeta. Conviene señalar que los bucles de calibración indican cada componente en donde las señales de calibración pasan a través de ellos y los enlaces de conexión entre los componentes.

40 La unidad de cálculo de diferencia de característica está configurada para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor de cada unidad de transceptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas en relación con un canal de recepción de referencia, en función de una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración de recepción, en función de (M+N) valores de diferencia de características obtenidos por el calibrador F1 y en función de (M+N) valores de diferencia de características obtenidos por el calibrador F2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de recepción de la antena activa y la señal de calibración original. En la segunda forma de realización de la presente invención, la unidad de cálculo de diferencia de característica está integrada con el calibrador F1 (la unidad de cálculo de diferencia de característica puede integrarse también con el calibrador F2).

50 Cada módulo de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) está configurado para realizar la compensación de post-características en una señal de servicio de recepción de la correspondiente unidad de transceptor en un dominio digital en función del valor de diferencia de características del canal de recepción de la correspondiente unidad de transceptor, de modo que cada señal de servicio de recepción puede estar coherentemente acumulada, formando así un diagrama de dirección de recepción requerido de la antena y consiguiendo un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa.

55 Conviene señalar que, en la antena activa según la forma de realización de la presente invención, los combinadores 1A, 1B y 1C en la primera tarjeta y los combinadores 2A, 2B y 2C en la segunda tarjeta tienen las mismas estructuras y formas. Los enlaces B1, B2 tienen las mismas características. Los enlaces E1, E2 tienen las mismas características. Las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al combinador 1A tienen las mismas características que las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde C21, C22, ..., C2N al combinador 2A. Los enlaces D1, D2 tienen también las mismas características. Los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al extremo de entrada A1 del calibrador F1 tienen las mismas características que los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N al extremo de entrada A2 del calibrador F2. Los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al extremo de entrada A2 del calibrador F2 tienen las mismas características que los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N al extremo de entrada A1 del calibrador F1. Todos los módulos de procesamiento de banda base en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 tienen las mismas características.

Con el fin de ilustrar claramente las funciones de la unidad de cálculo de diferencia de característica, en la forma de realización de la presente invención, su proceso de cálculo se ilustra como sigue en detalle.

5 1. Las características de un canal de TR B11, un canal de TR B12, ..., un canal de TR B1M en la tarjeta 1 son STR11, STR12,..., STR1M, respectivamente.

Las características de un canal de TR B21, un canal de TR B22, un canal de TR B2N en la tarjeta 2 son STR21, STR22, STR2N respectivamente (en donde M y N pueden ser los mismos o diferentes, es decir, los números de las unidades de transceptor en las dos tarjetas pueden ser los mismos o diferentes).

10 2. Los combinadores son pasivos. En diferentes tarjetas, en tanto que los combinadores tengan las mismas estructuras y formas, las características de los combinadores son difícilmente dispersas, por lo que se pueden omitir. Por lo tanto, el combinador 1A y el combinador 2A se consideran como teniendo las mismas características. De modo similar, los restantes combinadores se consideran de la misma forma.

15 Análogamente, los enlaces B1, B2 tienen las mismas características y los enlaces E1, E2 tienen las mismas características.

20 De modo similar, las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al combinador 1A tienen las mismas características que las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde C21, C22, ..., C2N al combinador 2A.

25 Asimismo, los enlaces D1, D2 tienen las estructuras que se indican en la Figura 2 y los cables tienen la misma longitud. Por lo tanto, los enlaces D1, D2 tienen también las mismas características.

En conformidad con los principios de adición y substracción de las características tales como una amplitud, una fase y un retardo, se pueden conseguir fácilmente los dos aspectos siguientes.

30 Las características SAC11 de los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al extremo de entrada A1 del calibrador F1 son las mismas que las características SAC22 de los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N al extremo de entrada A2 del calibrador F2, que se establecen como SACC.

35 Las características SAC12 de los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al extremo de entrada A2 del calibrador F2 son las mismas que las características SAC21 de los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N al extremo de entrada A1 del calibrador F1, que se establecen como SACD.

3. Los calibradores están compartidos. La característica del calibrador F1 en la tarjeta 1 es SCAL1 y la característica del calibrador F2 en la tarjeta 2 es SCAL2.

40 4. Cada módulo de procesamiento de banda base es un circuito digital. Por lo tanto, las características de todos los módulos de procesamiento de banda base en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 son los mismos o ya conocidos, por lo que simplemente se representan por SBB.

45 5. El calibrador F1 en la tarjeta 1 calibra las unidades de transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 en conformidad con la forma de realización de la presente invención. Puede entenderse que, después de que las señales de calibración terminen de pasar a través de los bucles de calibración, las diferencias de características entre las (M+N) señales de calibración recibidas y la señal de calibración original enviada son SE111, SE112, SE11M, SE121, SE122, ..., SE12N, respectivamente. El calibrador F2 en la tarjeta 2 calibra las unidades del transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 en conformidad con la forma de realización de la presente invención. Puede entender que, después de que las señales de calibración terminen de pasar a través de los bucles de calibración, las diferencias de características entre las (M+N) señales de calibración recibidas y la señal de calibración original enviada son SE211, SE212, ..., SE21M, SE221, SE222, ..., SE22N, respectivamente.

55 El calibrador F1 en la tarjeta 1 calibra todas las (M+N) unidades de transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 según la forma de realización de la presente invención y se indican las ecuaciones siguientes.

$$\text{STR11} + \text{SACC} + \text{SCAL1} + \text{SBB} = \text{SE111}$$

$$\text{STR12} + \text{SACC} + \text{SCAL1} + \text{SBB} = \text{SE112}$$

60

$$\text{STR1M} + \text{SACC} + \text{SCAL1} + \text{SBB} = \text{SE11M} \quad \text{..... Conjunto de ecuaciones 1}$$

$$\text{STR21} + \text{SACD} + \text{SCAL1} + \text{SBB} = \text{SE121}$$

STR22 + SACD + SCAL1 + SBB = SE122

.....

5 STR2N + SACD + SCAL1 + SBB = SE12N..... Conjunto de ecuaciones 2

De modo similar, el calibrador F2 en la tarjeta 2 calibra todas las (M+N) unidades de transceptor en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 y se indican las ecuaciones siguientes.

10 STR11 + SACD + SCAL2 + SBB = SE211

STR12 + SACD + SCAL2 + SBB = SE212

.....

15 STR1M + SACD + SCAL2 + SBB = SE21M..... Conjunto de ecuaciones 3

STR21 + SACC + SCAL2 + SBB = SE221

20 STR22 + SACC + SCAL2 + SBB = SE222

.....

25 STR2N + SACC + SCAL2 + SBB = SE22N..... Conjunto de ecuaciones 4

En los conjuntos de ecuaciones formados por las 2*(M+N) ecuaciones anteriores, solamente los STR11, STR 12, ..., STR1M, STR21, STR22, ..., STR2N, SACC, SACD, SCAL1 y SCAL2 son desconocidos, es decir, un total de (M+N+4) desconocidos. Por lo tanto, los conjuntos de ecuaciones deben tener soluciones (cualquier tarjeta tiene al menos dos transceptores, M≥2 y N≥2, por lo que 2* (M+N)≥M+N+4, es decir, el número de ecuaciones es mayor que el número de los conjuntos desconocidos).

Una pluralidad de métodos puede adoptarse para resolver los conjuntos de ecuaciones, en tanto que se adquiera una diferencia de las características de cada transceptor.

A modo de ejemplo, en la forma de realización de la presente invención, la 1ª ecuación en el conjunto de ecuaciones 1 se substraee, respectivamente, desde la 2ª, 3ª, M-ésima ecuaciones en el conjunto de ecuaciones 1 para obtener un conjunto de ecuaciones 5.

40 STR 12 - STR11 = SE112 - SE111

.....

45 STR1M-STR11 =SE11M-SE111..... Conjunto de ecuaciones 5

Según se deduce de la Figura 1, STR12 representa la característica del canal de TR 12 en la tarjeta 1 y STR11 representa la característica del canal de TR 11 en la tarjeta 1.

El conjunto de ecuaciones 5 indica que el calibrador F1 en la tarjeta 1 puede calibrar todos los M transceptores en la tarjeta 1.

La 1ª ecuación en el conjunto de ecuaciones 1 se añade con la 1ª ecuación en el conjunto de ecuaciones 3 para obtener una Ecuación 6.

55 STR11 + SACC + SCAL1 + SBB + STR11 + SACD + SCAL2 + SBB = SE111 + SE211 Ecuación 6

La 1ª, 2ª, ..., N-ésima ecuaciones en el conjunto de ecuaciones 2 se añaden con las 1ª, 2ª, ..., N-ésima ecuaciones en el conjunto de ecuaciones 4, respectivamente, con el fin de obtener un conjunto de ecuaciones 7.

60 STR21 + SACD + SCAL1 + SBB + STR21 + SACC + SCAL2 + SBB = SE121 + SE221

STR22 + SACD + SCAL1 + SBB + STR22 + SACC + SCAL2 + SBB = SE122 + SE222

65

.....

$$\text{STR2N} + \text{SACD} + \text{SCAL1} + \text{SBB} + \text{STR2N} + \text{SACC} + \text{SCAL2} + \text{SBB} = \text{SE12N} + \text{SE22N}$$

..... Conjunto de ecuaciones 7

5 La ecuación 6 es respectivamente abstraída de todas las ecuaciones en el Conjunto de ecuaciones 7 para obtener un Conjunto de ecuaciones 8.

$$\text{STR21} - \text{STR11} = ((\text{SE221} + \text{SE121}) - (\text{SE211} + \text{SE111})) / 2$$

$$\text{STR22} - \text{STR11} = ((\text{SE222} + \text{SE122}) - (\text{SE211} + \text{SE111})) / 2$$

.....

$$\text{STR2N} - \text{STR11} = ((\text{SE22N} + \text{SE12N}) - (\text{SE211} + \text{SE111})) / 2 \dots \dots \dots \text{Conjunto de ecuaciones 8}$$

20 Según se ilustra en la Figura 1, STR21, STR22, STR2N representan, respectivamente, la característica del canal de TR B21, canal de TR B22, ..., canal de TR B2N de la antena activa en la tarjeta 2 en función de la forma de realización de la presente invención. STR 11 representa la característica del canal de TR, B11, de la antena activa en la tarjeta 1, según la forma de realización de la presente invención.

25 Según se deduce de la anterior descripción, el conjunto de ecuaciones 5 y el conjunto de ecuaciones 8 representan que, tomando como referencia las características del primer transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 según la forma de realización de la presente invención, se pueden obtener las características de todos los demás transceptores en las dos tarjetas. Por lo tanto, el método de calibración cruzada, según la forma de realización de la presente invención, puede calibrar todas las unidades de transceptores de las matrices de transceptores distribuidas en dos tarjetas, que son, concretamente, canales receptores y/o canales emisores de las unidades de transceptores.

30 Conviene señalar que el proceso de liberación anterior se ilustra tomando, a modo de ejemplo, las características del primer transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 como la referencia. Sin embargo, la presente invención no está limitada a este respecto. Las características del segundo transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 pueden tomarse también como la referencia. De forma alternativa, las características del primer transceptor de la antena activa en la tarjeta 2 pueden tomarse como referencia y así sucesivamente. Debe entenderse que si la señal de calibración es una señal de calibración de recepción, la diferencia de característica del canal receptor de cada unidad de transceptor de las matrices de transceptores, distribuidas en las tarjetas 1, 2 de la antena activa, según la forma de realización de la presente invención en relación con el canal de recepción de referencia se calculan a este respecto. Si la señal de calibración es una señal de calibración de transmisión, se calcula la diferencia de característica del canal emisor de cada unidad de transceptor de las matrices de transceptores distribuidas en la tarjeta 1, 2 de la antena activa, según la forma de realización de la presente invención en relación con el canal de transmisión de referencia.

40 Además, en la forma de realización de la presente invención, no solamente puede calcularse la diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor de las matrices de transceptores, distribuidas en las tarjetas 1, 2 en relación con el canal receptor y/o canal emisor de referencia, sino que también se pueden calcular la diferencia de característica entre el calibrador F1 dispuesto en la tarjeta 1 y el calibrador F2 dispuesto en la tarjeta 2.

50 Según se conoce a partir de la primera ecuación en el conjunto de ecuaciones 1 y la primera ecuación en el conjunto de ecuaciones 3, a modo de ejemplo, cuando el canal de TR B11, sirve como un "calibrador" compartido para calibrar la diferencia entre el calibrador F1 y el calibrador F2, la diferencia de característica entre el enlace B1 (o B2) y el enlace D1 (o D2) se mezcla también en la calibración.

55 De este modo, la primera ecuación en el conjunto de ecuaciones 2 y la primera ecuación en el conjunto de ecuaciones 4 se comparan, además, es decir, el canal de TR, B21, sirve como el "calibrador" compartido para calibrar la diferencia de característica entre el calibrador F1 y el calibrador F2, una vez más. Aunque la diferencia de característica entre el enlace B1 (o B2) y el enlace D1 (o D2) se mezcla, la diferencia de característica entre el calibrador F1 y el calibrador F2 se puede calcular en tanto que las cuatro ecuaciones se obtengan en ecuaciones simultáneas:

$$\text{SCAL1} - \text{SCAL2} = ((\text{SE111} + \text{SE121}) - (\text{SE211} + \text{SE221})) / 2 \dots \dots \dots \text{Conjunto de ecuaciones 9}$$

60 Puede deducirse de la descripción anterior que, en la forma de realización de la presente invención, cualquier canal de TR puede servir como un "calibrador" compartido para calibrar la diferencia de característica entre el calibrador F1 y el calibrador F2.

65 Según se deduce de la descripción anterior, en la antena activa según la forma de realización de la presente invención, los valores de diferencia de característica de los canales receptores de todas las unidades de transceptores de la antena activa en las primera y segunda tarjetas, según la forma de realización de la presente invención, en relación con

cualquier canal receptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas, según la forma de realización de la presente invención, se calculan a este respecto, en función de una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración, en función de $(M+N)$ valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador F1 y en función de $(M+N)$ valores de diferencia de características obtenidos por el calibrador F2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración y la señal de calibración original. En función del valor de diferencia de característica del canal receptor de cada unidad de transceptor, se realiza una post-compensación para característica de señales en una señal de servicio de recepción de la unidad de transceptor correspondiente. Por lo tanto, se realiza una calibración exacta entre los transceptores dispuestos en diferentes tarjetas. Es decir, las características de cualquier canal receptor pueden tomarse como la referencia, con el fin de compensar las diferencias de características de los canales receptores de todas las unidades de transceptores distribuidas en diferentes tarjetas. Además, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de las señales de servicios de todos los canales receptores se obtienen para ser iguales o distribuidas en función de una regla determinada, con el fin de realizar una acumulación coherente de $(M+N)$ señales de servicio de recepción y formando, de este modo, un diagrama de dirección de recepción requerido de la antena y consiguiendo un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa.

Tercera forma de realización

La Figura 4 es una vista estructural esquemática de otra antena activa según una tercera forma de realización de la presente invención. Haciendo referencia a la Figura 4, las diferencias entre la tercera forma de realización y la segunda forma de realización radican en que se omite un combinador en cada tarjeta y cada enlace D está provisto entre tarjetas para realizar la interconexión (transmisión) de señales (RF) de calibración entre las tarjetas. Más concretamente, la antena activa incluye dos matrices de dipolos de antena, una matriz de unidad de transceptores (correspondiente a una de las matrices de dipolos de antena) dispuesta en una tarjeta 1, los combinadores 1A, 1B, un calibrador E1, una matriz de unidades de transceptores (correspondiente a la otra matriz de dipolos de antena) dispuesta en una tarjeta 2, los combinadores 2A, 2B y un calibrador E2. El calibrador E1 y el calibrador E2 están conectados a través de una conexión de señal digital. El combinador 1A y el combinador 1B están conectados a través de un enlace B1. El combinador 1B y el calibrador E1 están conectados. El combinador 1B y el combinador 2B están conectados a través de un enlace D. El combinador 2A y el combinador 2B están conectados a través de un enlace B2. El combinador 2B y el calibrador E2 están conectados. Las otras relaciones de conexión son las mismas que la técnica anterior, cuya descripción se omite en la presente. La Figura 2 es una vista estructural esquemática del enlace D.

A continuación se proporciona una ilustración detallada utilizando, a modo de ejemplo, la realización de la calibración de recepción en transceptores dispuestos en la tarjeta 1 y la tarjeta 2.

El calibrador E1 está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en dos señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 1B. Una señal de calibración de recepción pasa a través del enlace B1 del combinador 1A, en secuencia, según una dirección de transmisión de señal y luego, la señal de calibración de recepción se divide en M señales de calibración de recepción multiplexadas a través del combinador 1A. Las M señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de M unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C11 a C1M, respectivamente, pasan a través de los canales transceptores y de los módulos de procesamiento de banda base de las correspondientes unidades de transceptores y retornan al calibrador E1. La otra señal de calibración de recepción pasa a través del enlace D, del combinador 2B, del enlace B2 y del combinador 2A, en secuencia, según una dirección de transmisión de señal y luego, la señal de calibración de recepción se divide en N señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 2A. Las N señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de las N unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C21 a C2N respectivamente, pasan a través de los canales receptores y de los módulos de procesamiento de banda base de las correspondientes unidades de transceptores y retornan al calibrador E1. El calibrador E2 transmite las N señales de calibración de recepción al calibrador E1 a través de la conexión de señal digital con el calibrador E1 y obtiene $(M+N)$ valores de diferencias de características entre las $(M+N)$ señales de calibración de recepción recibidas que pasan a través de los bucles de calibración y la señal de calibración de recepción original mediante comparación. Conviene señalar que la conexión de señal digital entre el calibrador E1 y el calibrador E2 no influye sobre la amplitud y fase de las señales. Sin embargo, resulta influido el retardo de las señales, pero la influencia es bastante pequeña y ya conocida.

Debe entenderse que, M bucles de calibración de recepción se forman por el calibrador E1, el combinador 1B, el combinador 1A, M canales de TR (concretamente canales receptores) y los correspondientes M módulos de procesamiento de banda base en la primera tarjeta. N bucles de calibración de recepción se forman por el calibrador E1, y el combinador 1B en la primera tarjeta y el combinador 2B, el combinador 2A, N canales de TR (concretamente, canales receptores), los correspondientes N módulos de procesamiento de banda base y el calibrador E2 en la segunda tarjeta.

El calibrador E2 está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original está dividida en dos señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 2B. Una señal de calibración de recepción pasa a través del enlace B2 y del combinador 2A, en secuencia, según una

5 dirección de transmisión de señal y luego, la señal de calibración de recepción se divide en N señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 2A. Las N señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de las N unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C21 a C2N respectivamente, pasan a través de los receptores y de los módulos de procesamiento de banda base de las correspondientes unidades de transceptores y retornan al calibrador E2. La otra señal de calibración de recepción pasa a través del enlace D, del combinador 1B, del enlace B1 y del combinador 1A, en secuencia, según una dirección de transmisión de señal, y luego, la señal de calibración de recepción se divide en M señales de calibración de recepción multiplexadas mediante el combinador 1A. Las M señales de calibración de recepción entran en las posiciones de extremo frontal de las M unidades de transceptores a través de los correspondientes acopladores C11 a C1M respectivamente, pasan a través de los canales receptores y de los módulos de procesamiento de banda base de las correspondientes unidades de transceptores y retornan al calibrador E1. El calibrador E2 transmite las M señales de calibración de recepción al calibrador E2 a través de la conexión de señal digital con el calibrador E1 y obtiene (M+N) valores de diferencia de característica entre las (M+N) señales de calibración de recepción que pasan a través de los bucles de calibración y la señal de calibración de recepción original mediante comparación. Conviene señalar que la conexión de señal digital entre el calibrador E1 y el calibrador E2 no influye sobre la amplitud y fase de las señales. Sin embargo, resulta influido el retardo de las señales, pero la influencia es bastante pequeña y ya conocida.

20 Debe entenderse que los N bucles de calibración de recepción están formados por el calibrador E2, el combinador 2B, el combinador 2A, N canales de TR (concretamente, canales receptores), los correspondientes N módulos de procesamiento de banda base en la segunda tarjeta. Los M bucles de calibración de recepción se forman por el calibrador E2 y el combinador 2B en la segunda tarjeta, el combinador 1B, el combinador 1A, M canales de TR (concretamente, canales receptores), los correspondientes M módulos de procesamiento de banda base y el calibrador E1 en la primera tarjeta.

25 En la forma de realización de la presente invención, el calibrador E1 sirve como un calibrador primario y está configurado, además, para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor de cada unidad de transceptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas en relación con un canal receptor de referencia, según una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración, en función de (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E1 y en función de (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor con respecto a la diferencia de característica entre una señal de calibración de recepción que pasa a través de cada bucle de calibración de recepción de la antena activa y la señal de calibración de recepción original.

35 Cada uno de los (M+N) módulos de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) está configurado para realizar una post-compensación de características en una señal de servicio de recepción de la correspondiente unidad de transceptor, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor de la unidad de transceptor correspondiente, de modo que cada señal de servicio de recepción pueda acumularse de forma coherente, con lo que se forma un diagrama de dirección de recepción requerido en la antena y se consigue un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa.

40 Conviene señalar, que en la antena activa según la forma de realización de la presente invención, los combinadores 1A, 1B en la primera tarjeta y los combinadores 2A, 2B en la segunda tarjeta, tienen las mismas estructuras y formas. Los enlaces B1, B2 tienen las mismas características. Las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al combinador 1A tienen las mismas características que las líneas de microbanda (o líneas de banda) desde C21, C22, ..., C2N al combinador 2A. Los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M a un extremo de entrada A1 del calibrador E1 tienen las mismas características que los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N a un extremo de entrada A2 del calibrador E2. Los enlaces pasivos desde los acopladores C11, C12, ..., C1M al extremo de entrada A2 del calibrador E2 tienen las mismas características que los enlaces pasivos desde C21, C22, ..., C2N al extremo de entrada A1 del calibrador E1. Todos los módulos de procesamiento de banda base en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 tienen las mismas características.

Además, con el fin de realizar la calibración de transmisión en las matrices de transceptores distribuidas sobre la primera tarjeta y la segunda tarjeta, se proporciona a continuación una descripción específica.

55 En la antena activa según la forma de realización de la presente invención, los (M+N) módulos de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) se configuran, además, para enviar (M+N) señales de calibración de transmisión originales (conviene señalar que cada módulo de procesamiento de banda base envía una señal de calibración de transmisión original), en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base, en secuencia, uno tras otro, y un solo módulo de procesamiento de banda base realiza el envío después de un intervalo de retardo predeterminado en el que otro módulo de procesamiento de banda base realiza el envío. Las señales de calibración de transmisión originales entran en los correspondientes canales transmisores (B11 a B1M, B21 a B2N) según direcciones de transmisión de señales y alcanzan los correspondientes acopladores (C11 a C1M, C21 a C2N). Las M señales de calibración de transmisión, en la tarjeta 1, se combinan en una sola señal de calibración de transmisión mediante el combinador 1A. La señal de calibración de transmisión se transmite al combinador 1B a través del enlace B1 y se divide en dos señales de calibración de transmisión multiplexadas mediante el combinador 1B. Una de las dos señales de calibración de transmisión retorna al calibrador E1. La otra señal de calibración de transmisión alcanza el combinador 2B

a través del enlace D y retorna al calibrador E2. Las N señales de calibración de transmisión, en la tarjeta 2, se combinan en una sola señal de calibración de transmisión a través del combinador 2A. La señal de calibración de transmisión se transmite al combinador 2B a través del enlace B2 y se divide en dos señales de calibración de transmisión multiplexadas a través del combinador 2B. Una de las dos señales de calibración de transmisión retorna al calibrador E2. La otra señal de calibración de transmisión alcanza el combinador 1B a través del enlace D y retorna al calibrador E1.

Debe entenderse que los M bucles de calibración están formados por los M módulos de procesamiento de banda base, correspondientes a M canales de TR (concretamente canales emisores), el combinador 1A, el combinador 1B y el calibrador E1 en la primera tarjeta. Los M bucles de calibración de transmisión se forman por los M módulos de procesamiento de banda base, correspondientes a los M canales de TR (concretamente, canales emisores), el combinador 1A y el combinador 1B en la primera tarjeta, el combinador 2B y el calibrador E2 en la segunda tarjeta.

Debe entenderse que N bucles de calibración de transmisión están formados por los N módulos de procesamiento de banda base, los N canales de TR correspondientes (concretamente, canales emisores), el combinador 2A, el combinador 2B y el calibrador E2 en la segunda tarjeta. Los N bucles de calibración de transmisión se forman por los N módulos de procesamiento de banda base, los N canales de TR correspondientes (concretamente, canales emisores), el combinador 2A y el combinador 2B en la segunda tarjeta, el combinador 1B y el calibrador E1. Conviene señalar que, según la dirección de transmisión de flujos de señales, los enlaces de conexión o líneas de microbanda, entre las unidades componentes anteriormente citadas, son también componentes de los bucles de calibración.

El calibrador E1 está configurado además, para recibir las M señales de calibración de transmisión que pasan a través de bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta y las N señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren, a través del enlace D, entre el combinador 1B y el combinador 2B y para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre las señales de calibración de transmisión y las (M+N) señales de calibración de transmisión originales, respectivamente, mediante comparación. M es igual al número de todos los canales emisores de la antena activa en la primera tarjeta. N es igual al número de todos los canales de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta.

El calibrador E2 está configurado además, para recibir las N señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta y las M señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren a través del enlace D entre el combinador 1B y el combinador 2B y para obtener (M+N) valores de diferencia de característica entre las señales de calibración de transmisión y las (M+N) señales de calibración de transmisión originales, respectivamente, mediante comparación.

En la forma de realización de la presente invención, el calibrador E1 sirve como un calibrador primario y está configurado, además, para calcular un valor de diferencia de característica de un canal de transmisión de cada unidad emisora de la antena activa en las primera y segunda tarjetas relativas a un canal transmisor de referencia, en función de una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración de transmisión, en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E1 y en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre una señal de calibración de transmisión que pasa a través de cada bucle de calibración de transmisión de la antena activa y la señal de calibración de transmisión original.

Cada módulo de procesamiento de banda base (A11 a A1M, A21 a A2N) está configurado, además, para realizar una pre-compensación sobre las características de una señal de servicio de transmisión de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal transmisor de la unidad de transceptor correspondiente, de modo que las características de cada señal de servicio de transmisión estén distribuidas en el microondas frontal de los transceptores en conformidad con una regla determinada.

Según se deduce de la descripción anterior, en la antena activa según la forma de realización de la presente invención, los valores de diferencia de característica de los canales receptores y/o los canales emisores de todas las unidades de transceptor de la antena activa en las primera y segunda tarjetas, según la forma de realización de la presente invención, en relación con el canal receptor y/o canal emisor de referencia son objeto de cálculo, en función de una relación equivalente entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración, en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E1 y en función de los (M+N) valores de diferencia de característica obtenidos por el calibrador E2, en donde el valor de diferencia de característica es un valor en relación con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración y de la señal de calibración original. A continuación, se realiza la compensación de características sobre las señales de servicio de recepción y/o las señales de servicio de transmisión de la correspondiente unidad de transceptor, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente. Por lo tanto, la calibración entre transceptores, dispuestos sobre diferentes tarjetas se realiza en este momento. Es decir, las características de cualquier canal receptor pueden tomarse como la referencia, con el fin de compensar las diferencias de características de los canales receptores y/o canales emisores de todas las unidades de transceptor

distribuidas en diferentes tarjetas. De este modo, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de las señales de servicio de todos los canales receptores son iguales o están distribuidas en conformidad con una regla determinada, con el fin de realizar una acumulación coherente de (M+N) señales de servicio de recepción, con lo que se forma un diagrama de dirección de recepción requerido de la antena y se consigue un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa. Además, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de todas las señales de transmisión después de ser moduladas y amplificadas por los canales emisores se hacen iguales en el extremo frontal de los transceptores (entre un dipolo de antena y un duplexor en el canal de TR) o se distribuyen en función de una regla determinada. Las señales de transmisión se convierten en ondas electromagnéticas mediante el dipolo de antena y la composición de vectores ocurre para las ondas electromagnéticas en el aire, con el fin de formar un diagrama de dirección de transmisión requerido de la antena.

Dos tarjetas se toman, a modo de ejemplo, en la descripción anterior. Sin embargo, en la antena activa según la forma de realización de la presente invención, las matrices de transceptores pueden distribuirse sobre una pluralidad de tarjetas, a modo de ejemplo, distribuidas sobre la 1ª a una K-ésima tarjetas (K es un número entero positivo mayor o igual a 2).

La Figura 5 es un diagrama de bloques periférico de combinadores cuando las matrices de transceptores en una antena activa se distribuyen en tres tarjetas según una forma de realización de la presente invención. Conviene señalar que el combinador 1A, el combinador 1B y el calibrador E1 están dispuestos en la primera tarjeta. El combinador 2A, el combinador 2B y el calibrador E2 están dispuestos en la segunda tarjeta. Un combinador 3A, un combinador 3B y un calibrador E3 están dispuestos en la tercera tarjeta. Las otras relaciones de conexión, en las tarjetas son las mismas que las descritas en las formas de realización anteriores, por lo que aquí se omite dicha descripción.

Según se ilustra en la Figura 5, el combinador 1B, dispuesto en la primera tarjeta y el combinador 2B dispuesto en la segunda tarjeta están conectados a través de un enlace D12, con el fin de transferir señales de calibración entre las tarjetas. El combinador 1B dispuesto en la primera tarjeta y el combinador 3B dispuesto en la tercera tarjeta están conectados a través de un enlace D13, con el fin de transferir las señales de calibración entre las tarjetas. El combinador 2B y el combinador 3B dispuesto en la tercera tarjeta están conectados a través de un enlace D23, con el fin de transferir las señales de calibración entre las tarjetas. Los calibradores dispuestos en las tarjetas pueden conectarse en pares a través de las líneas de señales CAL12, CAL13 y CAL23.

En otras puestas en práctica, puesto que las señales digitales entre las tarjetas pueden estar dispuestas en cascada, la línea CAL13 puede omitirse, de modo que el calibrador E1 y el calibrador E3 estén interconectados a través del calibrador E2. Debe entenderse que cuatro o más tarjetas pueden utilizarse en las formas de realización de la presente invención. Cuando las matrices de transceptores en la antena activa se distribuyen en tres tarjetas según la forma de realización de la presente invención, se establecen estructuras físicas periféricas de los combinadores según se ilustra en la Figura 5. La solución de calibración puede obtenerse con referencia a esta forma de realización, cuya descripción aquí se omite.

Cuarta forma de realización

Haciendo referencia a la Figura 6, se da a conocer un método de calibración en función de una cuarta forma de realización de la presente invención, que se aplica a una antena activa incluyendo las 1ª a K-ésima matrices de unidades de transceptores, que corresponden a 1º a K-ésimo multiplexores y los correspondientes 1º a K-ésimo calibradores dispuestos en la 1ª a K-ésima tarjetas, respectivamente. K es un número entero positivo mayor o igual a 2. El método incluye las etapas siguientes.

En la etapa S601, los 1º a K-ésimo calibradores obtienen P valores de diferencia de característica entre P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa en la 1ª a K-ésima tarjetas y una señal de calibración original. P es igual al número de todas las unidades de transceptores de las 1ª a K-ésima matrices de unidades de transceptores.

En la etapa S602, un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor de la antena activa en relación con el canal receptor y/o canal emisor de referencia se calcula respectivamente, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencia de característica obtenidos por cada calibrador de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor de relación con la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original.

El canal receptor y/o canal emisor de referencia, en este caso, es un canal receptor y/o canal emisor de cualquier unidad de transceptor incluida en las 1ª a K-ésima matrices de unidades de transceptor, respectivamente.

En este caso, la diferencia de característica se representa por tres índices, esto es, una amplitud, una fase y un retardo de la unidad de transceptor (más concretamente, canal receptor y/o canal emisor).

En la etapa S603, se realiza una compensación de características sobre una señal de servicio de la unidad de transceptor correspondiente, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente.

5 En el método de calibración según la forma de realización de la presente invención, si la señal de calibración es una señal de calibración de recepción, el método incluye además, las etapas siguientes. Cada calibrador envía una señal de calibración de recepción original. La señal de calibración de recepción original se divide en una pluralidad de señales multiplexadas mediante el multiplexor de la antena activa en la tarjeta corriente. Dicha pluralidad de señales multiplexadas entra en los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la tarjeta corriente respectivamente.
10 Además, la señal de calibración de recepción original se transfiere a multiplexores entre los K multiplexores y no siendo el propio multiplexor corriente a través de la conexión electromagnética entre multiplexores y luego, la señal de calibración de recepción original se divide en una pluralidad de señales multiplexadas por intermedio de cada uno de los demás multiplexores. Dicha pluralidad de señales multiplexadas entra en los bucles de calibración de recepción de la antena activa en cada una de las otras tarjetas, respectivamente.

15 En una puesta en práctica, en la etapa S601, la obtención de los P valores de diferencia de característica entre las P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa en las 1ª a K-ésima tarjetas y la señal de calibración original incluye la recepción de P señales de calibración de recepción que pasan a través de todos los bucles de calibración de recepción de la antena activa de las 1ª a K-ésima tarjetas y la obtención de P valores de diferencia de característica entre las P señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original, mediante comparación.
20

En el método de calibración según la forma de realización de la presente invención, si la señal de calibración es una señal de calibración de transmisión, el método incluye, además, las etapas siguientes. Cada módulo de procesamiento de banda base envía una señal de calibración de transmisión original, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base, en secuencia, uno tras otro y un solo módulo de procesamiento de banda base realiza el envío después de un intervalo de retardo predeterminado en el que otro módulo de procesamiento de banda base realiza el envío. Cada señal de calibración de transmisión original entra en un canal de transmisión correspondiente según una dirección de transmisión de señal.
25

30 En otra puesta en práctica, en la etapa S601, la obtención de los P valores de diferencia de característica entre las P señales de calibración que pasan a través de todos los bucles de calibración de la antena activa en las 1ª a K-ésima tarjetas y la señal de calibración original incluye: la recepción de I señales de calibración de transmisión que pasan a través de los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la tarjeta corriente, en donde I es igual al número de todos los canales de transmisión de la antena activa en la tarjeta corriente; la recepción de (P-I) señales de calibración de transmisión transferidas a través de la conexión electromagnética entre multiplexores y la comparación de las P señales de calibración de transmisión con las P señales de calibración de transmisión originales, respectivamente, para obtener P valores de diferencia de característica.
35

40 En una puesta en práctica, la etapa S602 incluye las etapas siguientes.

El valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor dispuesta en cada tarjeta relativa al canal receptor y/o canal emisor de referencia se obtiene mediante una operación matricial de matrices respectivamente, en función de P matrices unidimensionales correspondientes a todos los bucles de calibración por donde pasan las señales de calibración. La matriz unidimensional representa características de cada componente en el bucle de calibración correspondiente, en donde se transmite la señal y el valor de diferencia de característica entre la señal de calibración que pasa a través del bucle de calibración y la señal de calibración original. Debe entenderse que los componentes, en este caso, incluyen multiplexores, canales de TR, módulos de procesamiento de banda base, calibradores y enlaces de conexión entre los anteriores componentes en función de la dirección de transmisión de los flujos de señales.
45
50

Por lo tanto, en la forma de realización de la presente invención, el valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de cada unidad de transceptor dispuesta en diferentes tarjetas en relación con el canal receptor y/o el canal emisor de referencia se calcula a este respecto, en función de la relación de asociación entre la diferencia de característica entre la señal de calibración que pasa a través de cada bucle de calibración y la señal de calibración original. A continuación, se realiza la compensación de características sobre una señal de servicio de la correspondiente unidad de transceptor, en un dominio digital, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente. Por lo tanto, se realiza una calibración exacta entre transceptores dispuestos en diferentes tarjetas. Es decir, las características de cualquier canal receptor o canal emisor se pueden tomar como la referencia, con el fin de compensar las diferencias de características de los canales receptores o canales emisores de las unidades de transceptor distribuidas en diferentes tarjetas. De este modo, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de señales de servicio de todos los canales receptores son iguales o están distribuidas según una regla determinada, con el fin de realizar una acumulación coherente de (M+N) señales de servicio de recepción, con lo que se forma un diagrama de dirección de recepción requerido de la antena y se consigue un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa. Además, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de todas las señales de transmisión después de modularse y amplificarse por los canales de transmisión se admite que se
55
60
65

hagan iguales en el extremo frontal de los transceptores (entre un dipolo de antena y un duplexor) o distribuirse en conformidad con una regla determinada. Las señales de transmisión se convierten en ondas electromagnéticas mediante el dipolo de antena y la composición de vectores ocurre para las ondas electromagnéticas en el aire, con el fin de formar un diagrama de dirección de transmisión requerido de la antena.

5 Quinta forma de realización

A continuación se proporciona una ilustración detallada utilizando, a modo de ejemplo, la realización de la calibración de recepción en matrices de transceptores dispuestas en diferentes tarjetas.

10 La Figura 7 es un diagrama de flujo de un método de calibración según una quinta forma de realización de la presente invención. En la forma de realización de la presente invención, se da a conocer otro método de calibración, que se aplica, en antena activa, según se ilustra en la Figura 1. Haciendo referencia a la Figura 7, el método incluye las etapas siguientes:

15 En la etapa S701, un calibrador E1 envía una señal de calibración de recepción original.

En la etapa S701', un calibrador E2 envía una señal de calibración de recepción original.

20 En la etapa S702, la señal de calibración de recepción original pasa a través de un multiplexor D1 y M acopladores en una tarjeta 1 y entra en las posiciones de extremo frontal de M transceptores en la tarjeta 1, respectivamente. La señal de calibración de recepción original entra en las posiciones de extremo frontal de N transceptores en una tarjeta 2, respectivamente, a través del multiplexor D1, la conexión electromagnética entre el multiplexor D1 y un multiplexor D2, el multiplexor D2 y N acopladores en la tarjeta 2.

25 En la etapa S702', la señal de calibración de recepción original pasa a través del multiplexor D2 y de los N acopladores en la tarjeta 2 y entra en las posiciones de extremo frontal de los N transceptores en la tarjeta 2, respectivamente. La señal de calibración de recepción original entra en las posiciones de extremo frontal de los M transceptores en la tarjeta 1, respectivamente, a través del multiplexor D2, la conexión electromagnética entre el multiplexor D2 y el multiplexor D1, el multiplexor D1 y los M acopladores en la tarjeta 1.

30 En la etapa S703, la señal de calibración de recepción pasa a través de un canal receptor y de un módulo de procesamiento de banda base de cada transceptor en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 y alcanza el calibrador E1.

35 En la etapa S703', la señal de calibración de recepción pasa a través de un canal receptor y de un módulo de procesamiento de banda base de cada transceptor en la tarjeta 1 y en la tarjeta 2 y alcanza el calibrador E2.

40 En la etapa S704, el calibrador E1 obtiene las diferencias de características entre la señal de calibración de recepción original enviada y las señales de calibración de recepción recibidas mediante comparación, con el fin de obtener (N + M) matrices unidimensionales.

45 En la etapa S704', el calibrador E2 obtiene diferencias de características entre la señal de calibración de recepción original enviada y las señales de calibración de recepción recibidas mediante comparación, con el fin de obtener (N + M) matrices unidimensionales.

50 En la etapa S705, los valores de diferencia de característica que representan diferencias de características de canales receptores de todas las unidades de transceptor de la antena activa en la tarjeta 1 y la tarjeta 2 se obtienen mediante una operación matricial de matrices en función de las (N+M) matrices unidimensionales obtenidas en la etapa S704 y las (N+M) matrices unidimensionales obtenidas en la etapa S704'.

55 En la etapa S706, cada módulo de procesamiento de banda base realiza una post-compensación de características de señales de servicio de recepción en función de los valores de diferencia de característica de los correspondientes canales receptores respectivamente, con el fin de obtener una acumulación coherente de cada señal de servicio de recepción.

En la quinta forma de realización de la presente invención, para facilidad de ilustración, las etapas S701, S702 y S703 se ilustran como etapas separadas. Debe entenderse que las etapas S701, S702 y S703 pueden combinarse en una sola etapa. De forma similar las etapas S701', S702' y S703' pueden también combinarse en una sola etapa.

60 Puede deducirse de la descripción anterior que, en la forma de realización de la presente invención, el valor de diferencia de característica del canal receptor de cada unidad de transceptor dispuesta en cada tarjeta en relación con el canal receptor de referencia se obtiene mediante una operación matricial de matrices respectivamente, en función de una pluralidad de matrices unidimensionales correspondientes a todos los bucles de calibración por donde pasan las señales de calibración de recepción. A continuación, se realiza la compensación de características en una señal de servicio de recepción de la correspondiente unidad de transceptor, en función del valor de diferencia de característica del canal receptor de la unidad de transceptor correspondiente. Por lo tanto, se realiza una calibración exacta entre los

transceptores dispuestos sobre diferentes tarjetas. Es decir, las características de un determinado canal receptor pueden tomarse como la referencia, con el fin de compensar las diferencias de características de los canales receptores de las unidades de transceptor distribuidas en diferentes tarjetas. De este modo, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de señales de servicios de todos los canales receptores son iguales o están distribuidas en conformidad con una regla determinada, con el fin de realizar una acumulación coherente de (M+N) señales de servicio de recepción, con lo que se forma un diagrama de dirección de recepción requerido de la antena y se consigue un índice de sensibilidad de recepción de la antena completa.

Sexta forma de realización

Se proporciona una ilustración detallada, a continuación, utilizando, a modo de ejemplo, la realización de la calibración de transmisión en matrices de transceptores dispuestas en diferentes tarjetas.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método de calibración según una forma de realización de la presente invención. Otro método de calibración se da a conocer en la forma de realización de la presente invención, que se aplica en la antena activa según se ilustra en la Figura 1. Haciendo referencia a la Figura 8, el método comprende las etapas siguientes.

En la etapa S801, todos los (M+N) módulos de procesamiento de banda base envían (M+N) señales de calibración de transmisión originales, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base, en secuencia, uno tras otro, con un solo módulo de procesamiento de banda base realizando el envío después de un intervalo de retardo predeterminado en el que otro módulo de procesamiento de banda base realiza el envío y las (M+N) señales de calibración de transmisión originales pasan a través de los correspondientes canales de transmisión y alcanzan los correspondientes acopladores y correspondientes multiplexores.

En la etapa S802, las M señales de calibración de transmisión en una tarjeta 1 retornan a un calibrador E1 a través de un multiplexor D1. Las N señales de calibración de transmisión en una tarjeta 2 retornan al calibrador E1 a través de un multiplexor D2, una conexión electromagnética entre multiplexores y el multiplexor D1.

En la etapa S802', las N señales de calibración de transmisión en la tarjeta 2, retornan a un calibrador E2 a través del multiplexor D2. Las M señales de calibración de transmisión en la tarjeta 1 retornan al calibrador E2 a través del multiplexor D1, la conexión electromagnética entre multiplexores y el multiplexor D2.

En la etapa S803, el calibrador E1 compara las (M+N) señales de calibración de transmisión recibidas con las (M+N) señales de calibración de transmisión originales enviadas por los módulos de procesamiento de banda base, con el fin de obtener (M+N) matrices unidimensionales.

En la etapa S803', el calibrador E2 compara las (M+N) señales de calibración de transmisión recibidas con las (M+N) señales de calibración de transmisión originales enviadas por los módulos de procesamiento de banda base con el fin de obtener (M+N) matrices unidimensionales.

En la etapa S804, los valores de diferencia de característica que representan diferencias de características de todos los canales emisores de la antena activa en la tarjeta 1 y en la tarjeta 2, se obtienen mediante una operación matricial de matrices en función de las (M+N) matrices unidimensionales obtenidas en la etapa S803 y las (M+N) matrices unidimensionales obtenidas en la etapa S803'.

En la etapa S805, cada módulo de procesamiento de banda base realiza una pre-compensación sobre las características de señales de servicio de transmisión, en función de los valores de diferencias de características de los correspondientes canales emisores respectivamente, de modo que las características de cada señal de servicio de transmisión se distribuyan en los extremos frontales de los transceptores en conformidad con una regla determinada.

Puede deducirse de la descripción anterior que, en la forma de realización de la presente invención, el valor de diferencia de característica del canal transmisor de cada unidad de transceptor dispuesta en cada tarjeta en relación con un canal emisor de referencia se obtiene mediante una operación matricial de matrices respectivamente, en función de una pluralidad de matrices unidimensionales correspondientes a todos los bucles de calibración por donde pasan las señales de calibración. A continuación, se realiza la compensación de características en una señal de servicio de transmisión de la correspondiente unidad de transceptor en función del valor de diferencia de característica del canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente. Por lo tanto, se realiza una calibración exacta entre transceptores dispuestos en diferentes tarjetas. Es decir, las características de un determinado canal emisor se toman como la referencia, con el fin de compensar las diferencias de características de los canales emisores de las unidades de transceptor distribuidas en diferentes tarjetas. Además, las características (una amplitud, una fase y un retardo) de todas las señales de transmisión después de modularse y amplificarse por los canales emisores se hacen iguales en el extremo frontal de los transceptores (entre un dipolo de antena y duplexor en el canal de TR) o distribuidas en conformidad con una regla determinada. Las señales de transmisión se convierten en ondas electromagnéticas a través del dipolo de antena y la composición de vectores ocurre para las ondas electromagnéticas en el aire, con el fin de formar un diagrama de dirección de transmisión de la antena.

Debe entenderse que una matriz de transceptores A dispuesta en una tarjeta y una matriz de transceptores B dispuesta en otra tarjeta forman una matriz de transceptores unificada C.

- 5 La señal de calibración en la forma de realización de la presente invención incluye un código pseudo-aleatorio o un tono único.

- 10 Los expertos en esta técnica pueden entender que la totalidad o parte de las etapas del método según las formas de realización de la presente invención se pueden realizar por un programa que da instrucciones a los equipos físicos pertinentes. El programa puede memorizarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Cuando se ejecuta el programa, se realizan las etapas del método, según las formas de realización de la presente invención. El medio de memorización puede ser un disco magnético, una Memoria de Solamente Lectura de Disco Compacto (CD-ROM), una Memoria de Solamente Lectura (ROM) o una Memoria de Acceso Aleatorio (RAM).

REIVINDICACIONES

1. Una antena activa, que comprende K matrices de dipolos de antena, caracterizada por cuanto que: la antena activa comprende, además:

1ª a una K-ésima matrices de unidades de transceptor que corresponde a las matrices de dipolos de antena, dispuestas de manera correspondiente en 1ª a una K-ésima tarjetas respectivamente, en donde cada una de las matrices de unidades de transceptor comprende una pluralidad de unidades de transceptor y comprendiendo cada una de las unidades de transceptor un canal receptor y un canal emisor y un módulo de procesamiento de banda base correspondiente;

1º a K-ésimos multiplexores, dispuestos en correspondencia en las 1ª a K-ésimas tarjetas respectivamente, en donde cada uno de los 1º a K-ésimos multiplexores está configurado para emitir señales de calibración destinadas a los multiplexores entre los 1º a K-ésimo multiplexores y otro distinto al multiplexor corriente, por sí mismo, por intermedio de multiplexores de una conexión por señal de frecuencia radioeléctrica, RF, entre los multiplexores;

1º a un K-ésimo calibradores, dispuestos en correspondencia en las 1ª a K-ésimas tarjetas respectivamente y configurados para obtener P valores de diferencias de características entre P señales de calibración que pasan por todos los bucles de calibración de la antena activa y una señal de calibración original, en donde P es igual al número de todas las unidades del transceptor de las 1ª a K-ésimas matrices de unidades de transceptor y

una unidad de cálculo de diferencia de característica, configurada para calcular un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o de un canal emisor de cada una de las unidades de transceptor de la antena activa con respecto a un canal receptor y/o canal emisor de referencia, respectivamente, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencias de características obtenidos por cada uno de los calibradores de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor de la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa por cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original y

en donde cada uno de los módulos de procesamiento de banda base está configurado para efectuar una compensación de característica en una señal de servicio de una unidad de transceptor correspondiente en un dominio digital en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o del canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente y K siendo un número entero positivo superior o igual a 2 y la característica está representada por una amplitud, una fase y un retardo, teniendo cada bucle de calibración al menos un canal receptor o un canal emisor.

2. La antena activa según la reivindicación 1, en donde cada uno de los calibradores está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original; la señal de calibración de recepción original está dividida en una pluralidad de señales multiplexadas por intermedio de un multiplexor de la antena activa en la tarjeta corriente, y dicha una pluralidad de señales multiplexadas entra en bucles de calibración de recepción de la antena activa en la tarjeta corriente, respectivamente; la señal de calibración de recepción original se transfiere a multiplexores entre los K multiplexores y otros que el multiplexor actual por intermedio de la conexión de la señal RF entre los multiplexores, y luego, la señal de calibración de recepción original se divide en una pluralidad de señales multiplexadas por intermedio de cada uno de los otros multiplexores y dicha una pluralidad de señales multiplexadas entra en bucles de calibración de recepción de la antena activa en cada una de las otras tarjetas, respectivamente y cada uno de los calibradores está configurado, además, para recibir P señales de calibración de recepción que pasan por todos los bucles de calibración de recepción de la antena activa en las 1ª a K-ésimas tarjetas y para obtener P valores de diferencia de características entre las P señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original por comparación.

3. La antena activa según la reivindicación 1 o 2, en donde cada uno de los módulos de procesamiento de banda base está configurado, además, para enviar una señal de calibración de transmisión original, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base, en secuencia uno tras otro, y un módulo de procesamiento de banda base efectúa el envío después de un intervalo de retardo predeterminado durante el que otro módulo de procesamiento de banda base efectúa el envío y la señal de calibración de transmisión original entra en un canal de transmisión correspondiente en función de un sentido de transmisión de señal; estando cada uno de los calibradores configurado para recibir I señales de calibración de transmisión que pasan por bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la tarjeta corriente por intermedio de un multiplexor correspondiente, en donde I es igual al número de todos los canales emisores de la antena activa en la tarjeta corriente y para recibir (P-I) señales de calibración de transmisión transferidas por intermedio de la conexión de la señal RF entre los multiplexores y para comparar las diferencias de características entre las P señales de calibración de transmisión recibidas y la señal de calibración de transmisión original enviada por el módulo de procesamiento de banda base correspondiente, de modo que se obtengan P valores de diferencias de características.

4. La antena activa según la reivindicación 1, 2 o 3, en donde cuando K es igual a 2, existe una conexión de señal digital entre un primer calibrador y un segundo calibrador y la conexión de señal RF existe entre un primer multiplexor y un segundo multiplexor,

el primer calibrador está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original; la señal de calibración de recepción original está dividida en M señales multiplexadas por intermedio del primer multiplexor y las M señales multiplexadas entran en M bucles de calibración de recepción de la antena activa en una primera tarjeta, respectivamente; la señal de calibración de recepción original se transfiere al segundo multiplexor por intermedio de la conversión de señal RF entre el primer multiplexor y el segundo multiplexor, luego la señal de calibración de recepción original se divide en N señales multiplexadas por intermedio del segundo multiplexor y las N señales multiplexadas entran en N bucles de calibración de recepción de la antena activa en una segunda tarjeta, respectivamente y el primer calibrador está configurado, además, para recibir M señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y N señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren por intermedio de la conexión de señal digital entre el primer calibrador y el segundo calibrador y para obtener (M+N) de diferencias de características entre las (M+N) señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original enviada por el primer calibrador por comparación, $M \geq 2$, $N \geq 2$, siendo M igual al número de todos los canales receptores de la antena activa en la primera tarjeta y N es igual al número de todos los canales receptores de la antena activa en la segunda tarjeta,

el segundo calibrador está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original; la señal de calibración de recepción original está dividida en N señales multiplexadas por intermedio del segundo multiplexor y las N señales multiplexadas entran en los N bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta, respectivamente; la señal de calibración de recepción original se transfiere al primer multiplexor por intermedio de la conexión de señal RF entre el segundo multiplexor y el primer multiplexor y luego, la señal de calibración de recepción original se divide en M señales multiplexadas por intermedio del primer multiplexor y las M señales multiplexadas entran en los M bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta, respectivamente y el segundo calibrador está configurado, además, para recibir N señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y M señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren por intermedio de la conexión de señal digital entre el primer calibrador y el segundo calibrador y para obtener (M+N) valores de diferencias de características entre las (M+N) señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original enviada por el segundo calibrador mediante comparación.

5. La antena activa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde cuando K es igual a 2, existe una conexión de señal digital entre un primer calibrador y un segundo calibrador y existe la conexión de señal RF entre un primer multiplexor y un segundo multiplexor,

el primer calibrador está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original; la señal de calibración de recepción original se divide en M señales multiplexadas por intermedio del primer multiplexor y las M señales multiplexadas entran en M bucles de calibración de recepción de la antena activa en una primera tarjeta, respectivamente; la señal de calibración de recepción original se transfiere al segundo multiplexor por intermedio de la conexión de señal RF entre el primer multiplexor y el segundo multiplexor y luego, la señal de calibración de recepción original se divide en N señales multiplexadas por intermedio del segundo multiplexor y las N señales multiplexadas entran en N bucles de calibración de recepción de la antena activa en una segunda tarjeta, respectivamente y el primer calibrador está configurado, además, para obtener características de las M señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y características de N señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren, por intermedio de la conexión de señal digital entre el primer calibrador y el segundo calibrador y para obtener (M+N) valores de diferencias de características entre las características de las (M+N) señales de calibración de recepción y las características de la señal de calibración de recepción original por comparación y

el segundo calibrador está configurado para enviar una señal de calibración de recepción original; la señal de calibración de recepción original está dividida en N señales multiplexadas por intermedio del segundo multiplexor y las N señales multiplexadas entran en los N bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta, respectivamente; la señal de calibración de recepción original es transferida al primer multiplexor por intermedio de la conexión de la señal RF entre el segundo multiplexor y el primer multiplexor y luego, la señal de calibración de recepción original se divide en M señales multiplexadas por intermedio del primer multiplexor y las M señales multiplexadas entran en los M bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta, respectivamente y el segundo calibrador está configurado, además, para obtener características de N señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la segunda tarjeta y características de M señales de calibración de recepción que pasan por los bucles de calibración de recepción de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren por intermedio de la conexión de señal digital entre el primer calibrador y el segundo calibrador y para obtener (M+N) valores de diferencias de características entre las características de las (M+N) señales de calibración de recepción y la característica de la señal de calibración de recepción original por comparación.

6. La antena activa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde cuando K es igual a 2, existe una conexión de señal digital entre un primer calibrador y un segundo calibrador y existe la conexión de señal RF entre un primer multiplexor y un segundo multiplexor,

5 M módulos de procesamiento de banda base están dispuestos en una primera tarjeta y configurados, además, para enviar M señales de calibración de transmisión originales, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base, en secuencia uno tras otro, con un módulo de procesamiento de banda base efectuando el envío después de un intervalo de retardo predeterminado después de que otro módulo de procesamiento de banda base efectúe el envío y cada una de las señales de calibración de transmisión originales entra en un canal de transmisión correspondiente en función de un sentido de transmisión de la señal;

10 N módulos de procesamiento de banda base están dispuestos en una segunda tarjeta y configurados, además, para enviar N señales de calibración de transmisión originales, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base efectúa el envío de un intervalo de retardo predeterminado después de que otro módulo de procesamiento de banda base efectúe el envío y cada una de las señales de calibración de transmisión originales entra en un canal de transmisión correspondiente en función de un sentido de transmisión de la señal;

15 el primer calibrador está configurado para recibir M señales de calibración de transmisión que pasan por bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta y N señales de calibración de transmisión que pasan por bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta y que se transfieren, por intermedio de la conexión de señal RF, entre el primer multiplexor y el segundo multiplexor y para comparar las señales de calibración de transmisión con las (M+N) señales de calibración de transmisión originales respectivamente, de modo que se obtengan (M+N) valores de diferencias de características, $M \geq 2$, $N \geq 2$, siendo M igual al número de todos los canales emisores de la antena activa en la primera tarjeta y N es igual al número de todos los canales emisores de la antena activa en la segunda tarjeta y

25 el segundo calibrador está configurado para recibir N señales de calibración de transmisión que pasan por los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la segunda tarjeta y M señales de calibración de transmisión que pasan por los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en la primera tarjeta y que se transfieren por intermedio de la conexión de señales RF entre el primer multiplexor y el segundo multiplexor y para comparar las señales de calibración de transmisión con las (M+N) señales de calibración de transmisión originales respectivamente, de modo que se obtengan (M+N) valores de diferencias de características.

30 **7.** La antena activa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la unidad de cálculo de diferencia de característica es una primera unidad de cálculo de diferencia de característica, configurada para obtener un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o de un canal emisor de cada una de las unidades de transceptor dispuestas en cada tarjeta con respecto a un canal receptor y/o canal emisor de referencia por intermedio de una operación matricial de matrices respectivamente, en función de P matrices unidimensionales correspondiente a todos los bucles de calibración a través de los que pasan las señales de calibración y cada una de las matrices unidimensionales representan características de cada componente en un bucle de calibración correspondiente, en donde se emite una señal y un valor de diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa por el bucle de calibración y una señal de calibración original.

40 **8.** La antena activa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el multiplexor comprende una matriz de conmutación, un divisor/combinador de potencia, un duplexor o cualquiera de sus combinaciones.

45 **9.** La antena activa según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde si los calibradores están clasificados en calibradores principales y calibradores secundarios, la unidad de cálculo de diferencia de característica está integrada con uno de los calibradores, con el fin de formar un calibrador principal integral o la unidad de cálculo de diferencia de característica está integrada con uno de los módulos de procesamiento de banda base para formar un módulo integral.

50 **10.** Un método de calibración, caracterizado por cuanto que es aplicable a una antena activa que comprende 1ª a una K-ésima matrices de unidades de transceptor, 1º a un K-ésimo multiplexores correspondientes y 1º a un K-ésimo calibradores dispuestos en correspondencia en 1ª a una K-ésima tarjeta respectivamente, en donde K es un número entero positivo superior o igual a 2, comprendiendo dicho método:

55 la obtención (601), por los 1º a K-ésimos calibradores, de P valores de diferencias de características entre P señales de calibración que pasan por todos los bucles de calibración de la antena activa en las 1ª a K-ésimas tarjetas y una señal de calibración original, en donde P es igual al número de todas las unidades de transceptor de las 1ª a una K-ésima matrices de unidades de transceptor y

60 el cálculo (602) de un valor de diferencia de característica de un canal receptor y/o de un canal emisor de cada una de las unidades de transceptor de la antena activa con respecto a un canal receptor y/o canal emisor de referencia respectivamente, en función de una relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencia de características obtenidos por cada uno de los calibradores de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor de la diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa por cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original y

la realización (603) de una compensación de característica en una señal de servicio de una unidad de transceptor correspondiente en un dominio digital en función del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o del canal emisor de la unidad de transceptor correspondiente;

5 en donde la característica se representa por una amplitud, una fase y un retardo, teniendo cada bucle de calibración al menos un canal receptor o un canal emisor.

11. El método de calibración según la reivindicación 10 en donde cuando la señal de calibración es una señal de calibración de recepción, el método comprende, además:

10 el envío, por cada uno de los calibradores, de una señal de calibración de recepción original, en donde la señal de calibración de recepción original está dividida en una pluralidad de señales multiplexadas por intermedio de un multiplexor de la antena activa en una tarjeta corriente y dicha pluralidad de señales multiplexadas entra en bucles de calibración de recepción de la antena activa en la tarjeta corriente, respectivamente; la señal de calibración de recepción original se transfiere a multiplexores entre los K multiplexores distintos a un multiplexor corriente por intermedio de una conexión de señal de radiofrecuencia, RF, entre los multiplexores y luego, la señal de calibración de recepción original se divide en una pluralidad de señales multiplexadas por intermedio de cada uno de los demás multiplexores y dicha pluralidad de señales multiplexadas entra en bucles de calibración de recepción de la antena activa en cada una de las demás tarjetas, respectivamente y

20 la obtención de P valores de diferencias de características entre P señales de calibración que pasan por todos los bucles de calibración de la antena activa en las 1ª a K-ésimas tarjetas y la señal de calibración original comprende:

25 la recepción de P señales de calibración de recepción que pasan por todos los bucles de calibración de recepción de la antena activa en las 1ª a K-ésimas tarjetas y la obtención de P valores de diferencias de características entre las P señales de calibración de recepción y la señal de calibración de recepción original por comparación.

12. El método de calibración según la reivindicación 10 o 11 en donde cuando la señal de calibración es una señal de calibración de transmisión, el método comprende, además:

30 el envío, por cada módulo de procesamiento de banda base, de una señal de calibración de transmisión original, en donde cada una de las señales de calibración de transmisión originales entra en un canal emisor correspondiente en función de un sentido de transmisión de la señal, en donde el envío se realiza por los módulos de procesamiento de banda base, en secuencia uno tras otro, y un módulo de procesamiento de banda base efectúa el envío después de un intervalo de retardo predeterminado, mientras que otro módulo de procesamiento de banda base efectúa el envío y

35 la obtención de P valores de diferencias de características entre P señales de calibración de transmisión que pasan por todos los bucles de calibración de la antena activa en las 1ª a K-ésimas tarjetas y la señal de calibración original comprende:

40 la recepción de I señales de calibración de transmisión que pasan por los bucles de calibración de transmisión de la antena activa en una tarjeta corriente, en donde I es igual al número de todos los canales emisores de la antena activa en la tarjeta corriente y la recepción de (P-I) señales de calibración de transmisión transferidas por intermedio de la conexión de la señal RF entre los multiplexores y la comparación de las P señales de calibración de transmisión con las P señales de calibración de transmisión originales, respectivamente, para obtener P valores de diferencias de características.

13. El método de calibración según la reivindicación 10, 11 o 12, en donde el cálculo del valor de diferencia de característica del canal receptor y/o del canal emisor de cada una de las unidades de transceptor de la antena activa con respecto al canal receptor y/o canal emisor de referencia, respectivamente, en función de la relación de asociación entre un valor de diferencia de característica y una característica de cada bucle de calibración y los P valores de diferencias de características obtenidos por cada uno de los calibradores de la antena activa, en donde el valor de diferencia de característica es un valor de diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa por cada bucle de calibración de la antena activa y la señal de calibración original, comprende:

55 la obtención de un valor de diferencia de característica del canal receptor y/o canal emisor de cada una de las unidades de transceptor dispuestas en cada tarjeta en relación con el canal receptor y/o canal emisor de referencia por intermedio de una operación matricial de matrices respectivamente, en función de P matrices unidimensionales que corresponden a todos los bucles de calibración por los que pasan las señales de calibración y cada una de las matrices unidimensionales representa características de cada componente en un bucle de calibración correspondiente en donde se emite una señal y un valor de diferencia de característica entre una señal de calibración que pasa por el bucle de calibración y una señal de calibración original.

65 14. El método de calibración según una de las reivindicaciones 10 a 13, en donde el canal receptor y/o el canal emisor de referencia es un canal receptor y/o canal emisor de cualquier unidad de transceptor en las 1ª a K-ésimas matrices de unidades de transceptor, respectivamente.

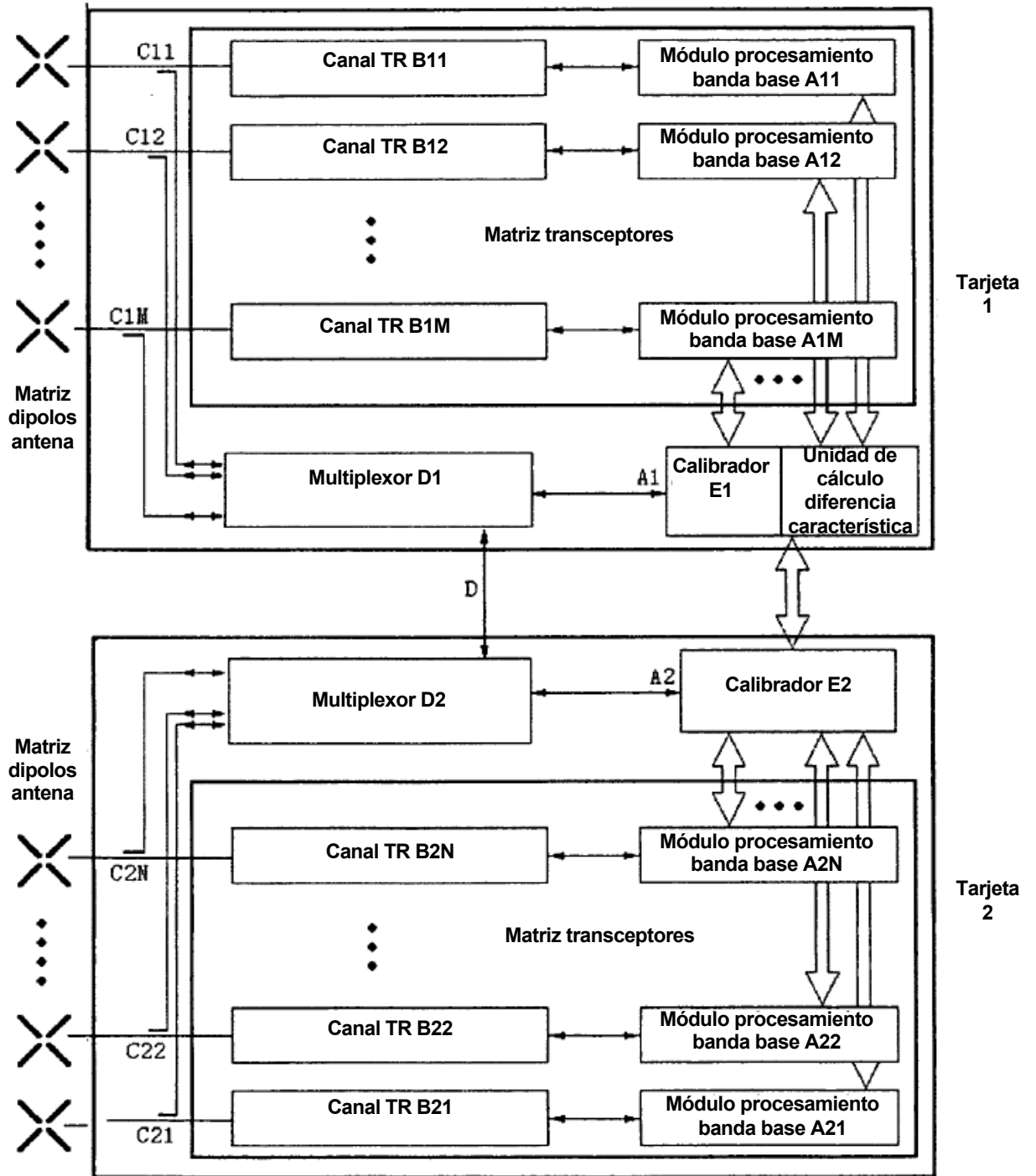


FIG. 1

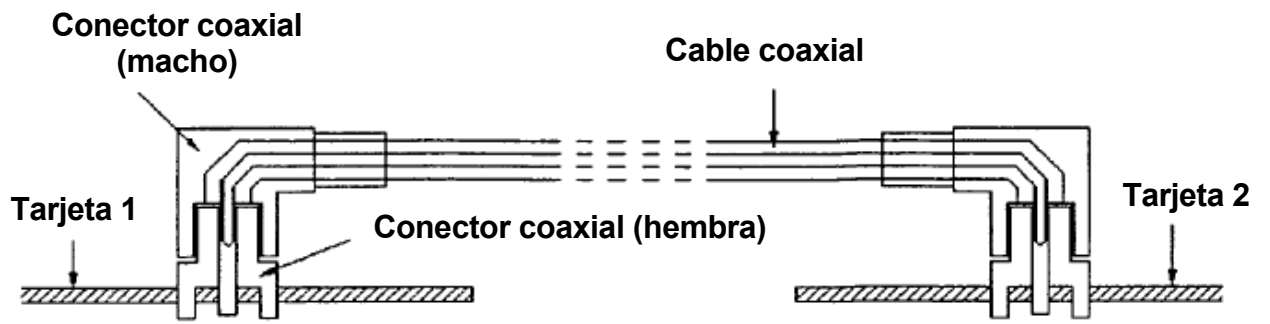


FIG. 2

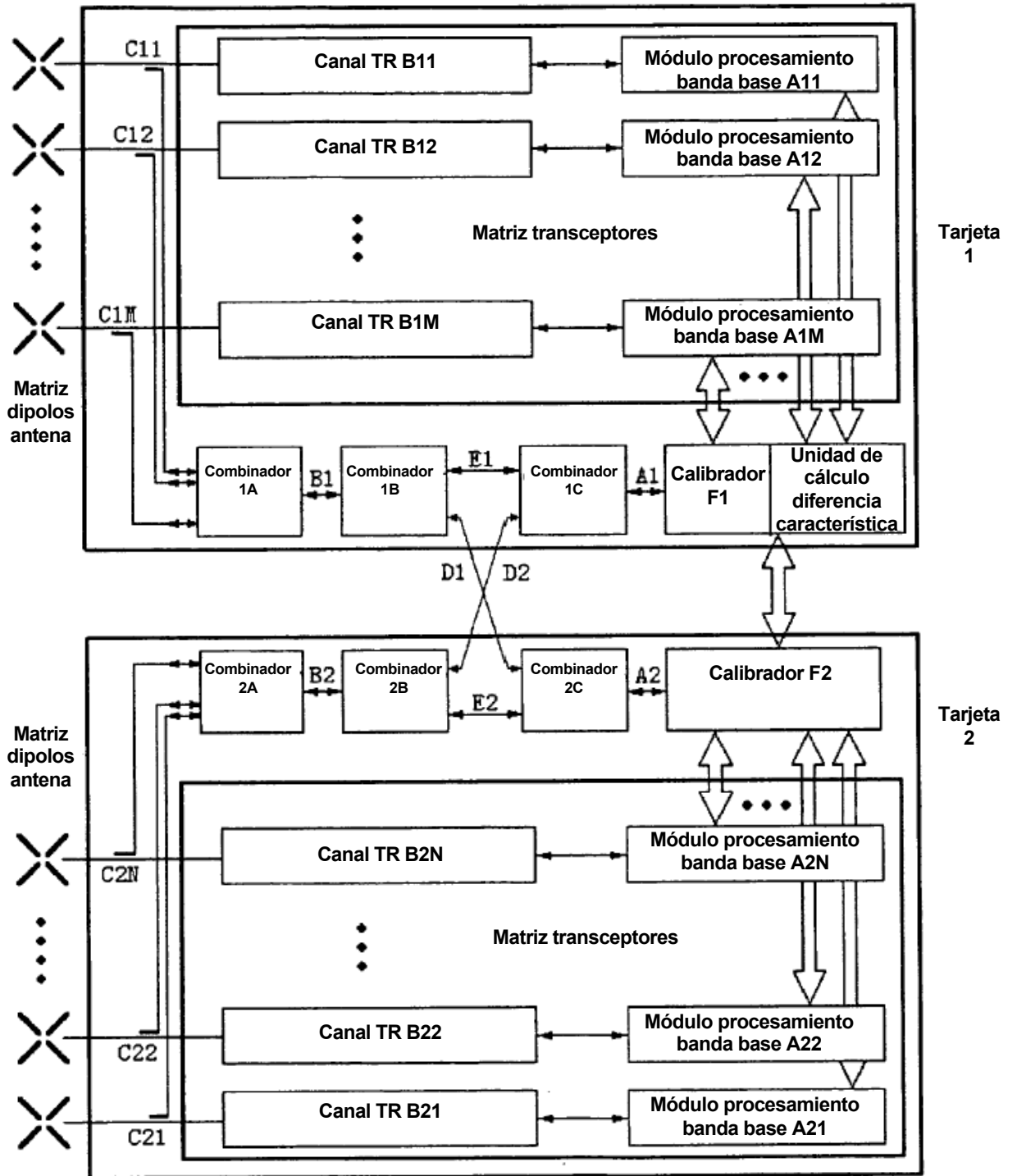


FIG. 3

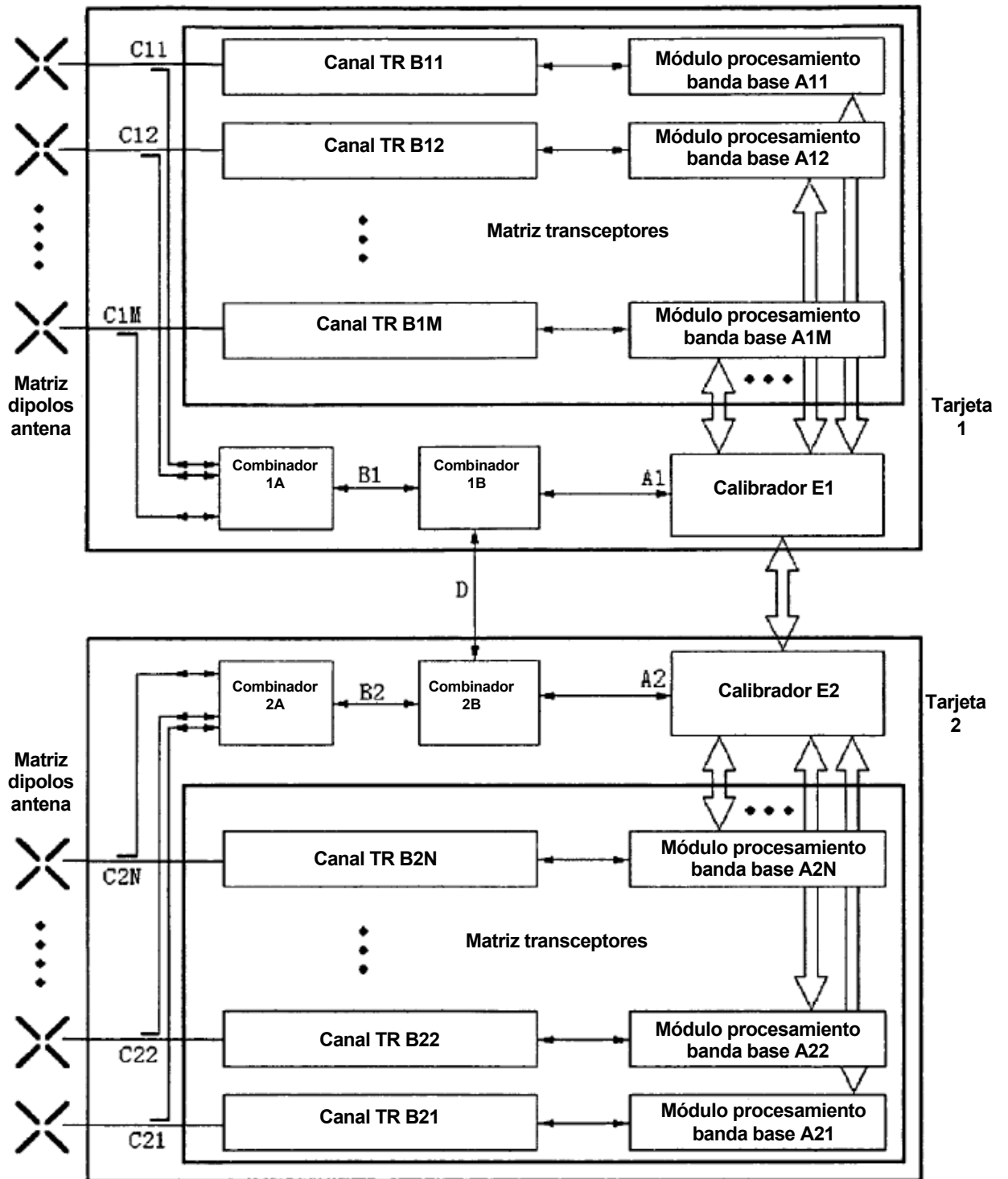


FIG. 4

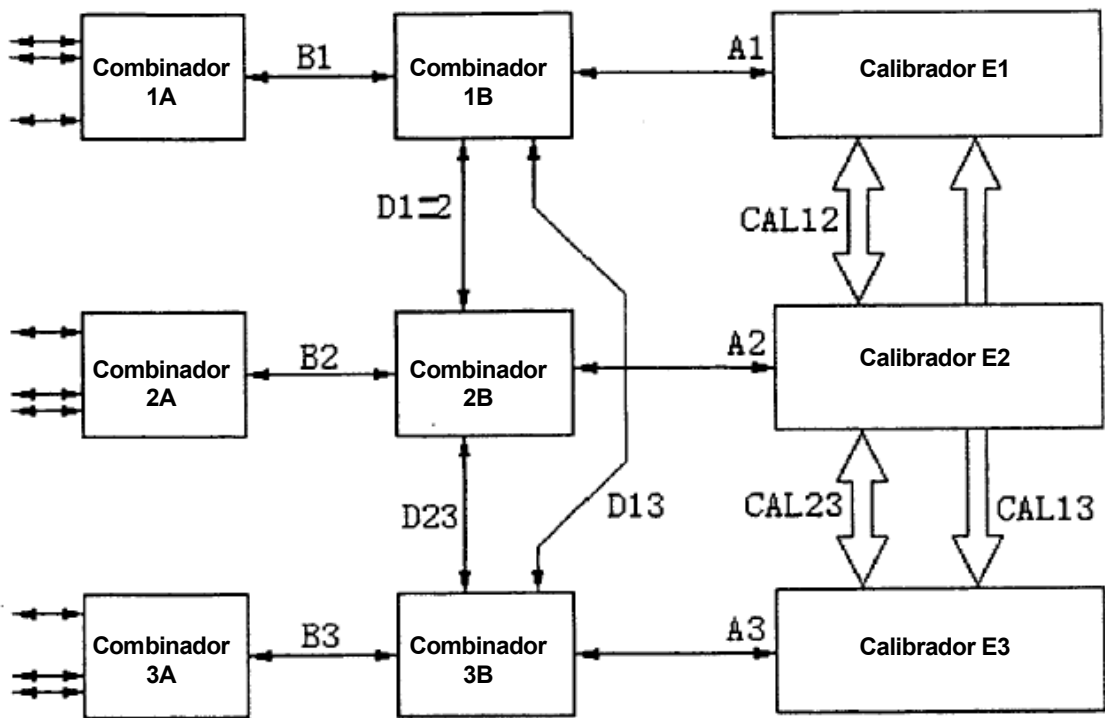


FIG. 5

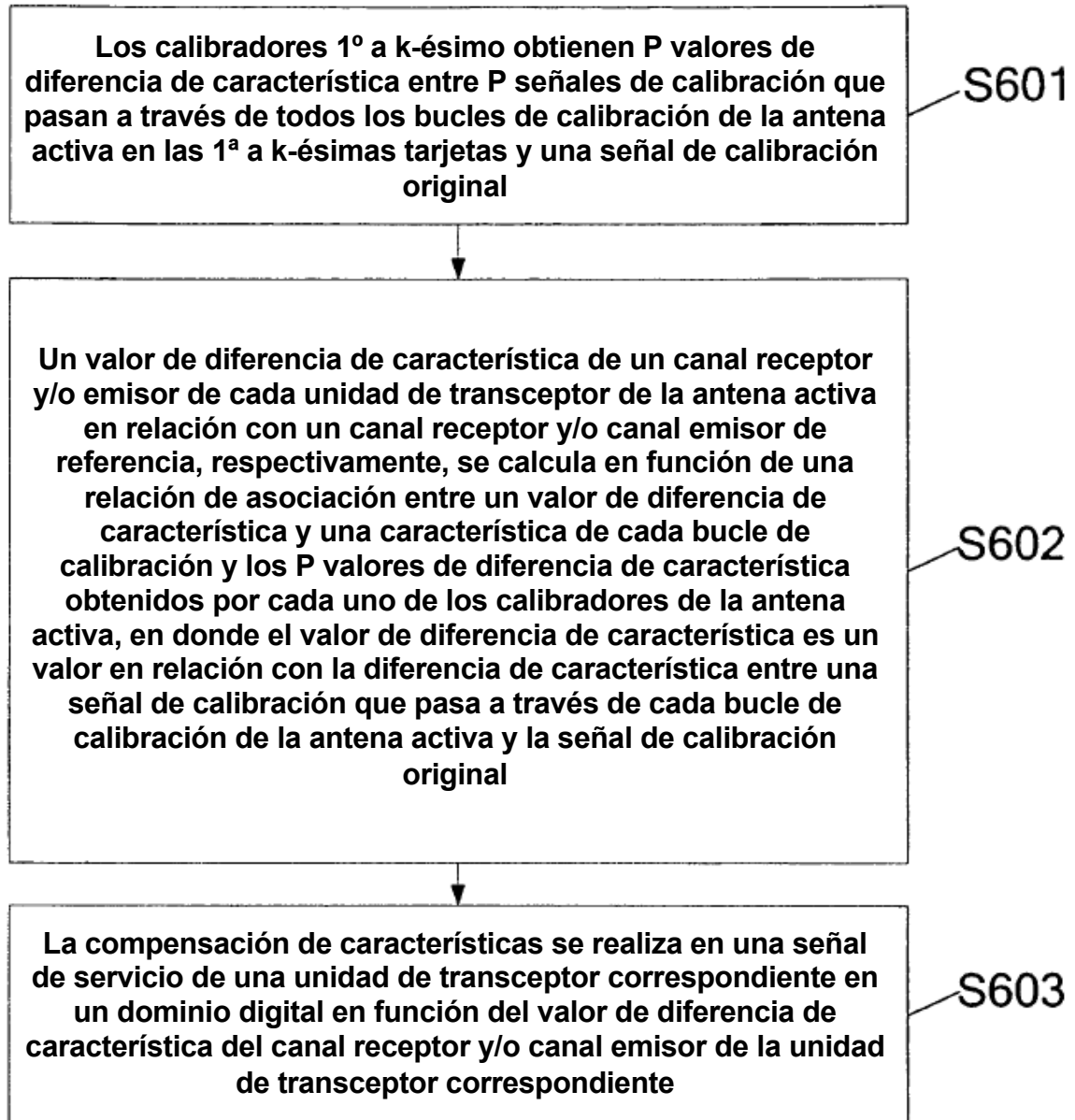


FIG. 6

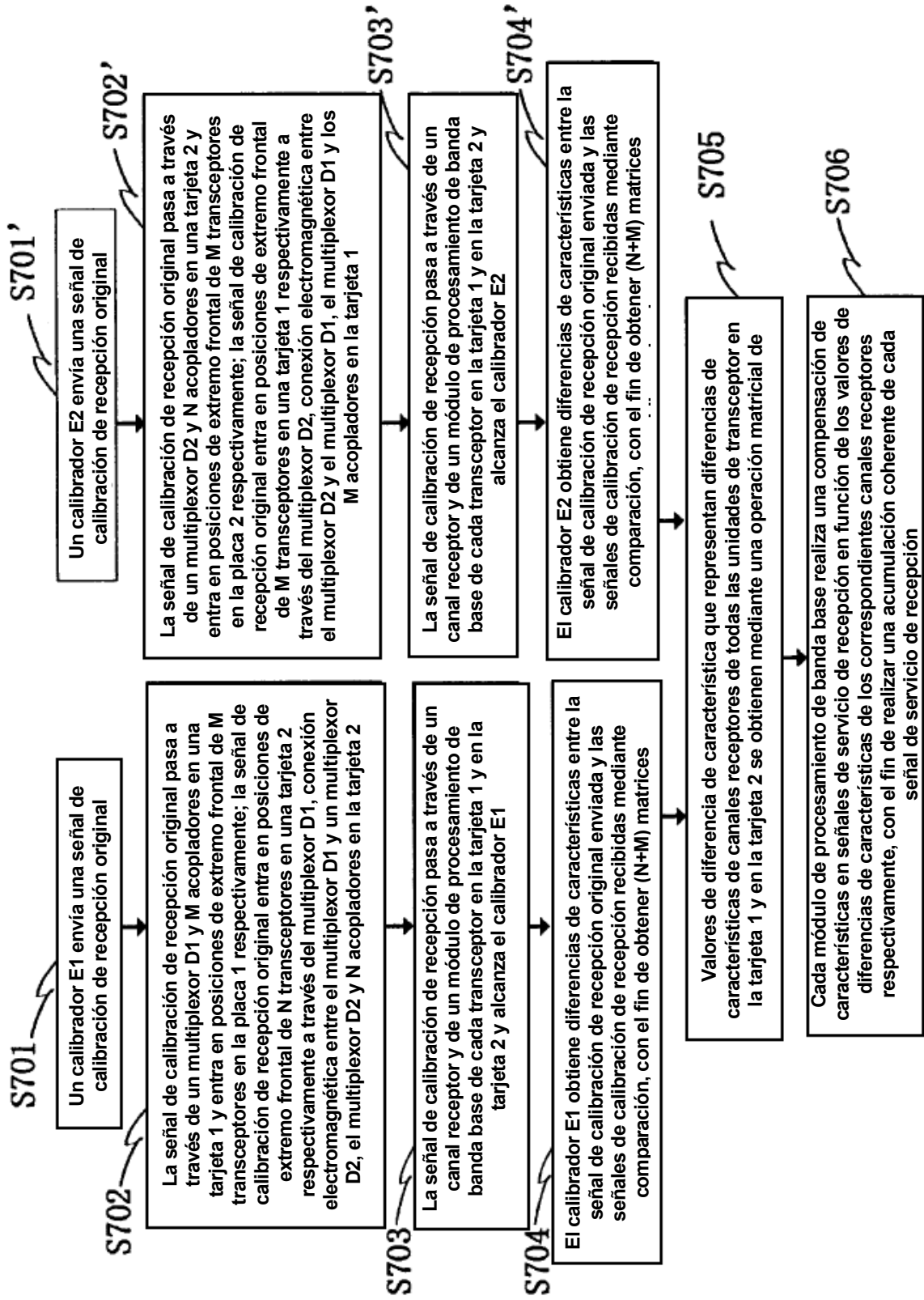


FIG. 7

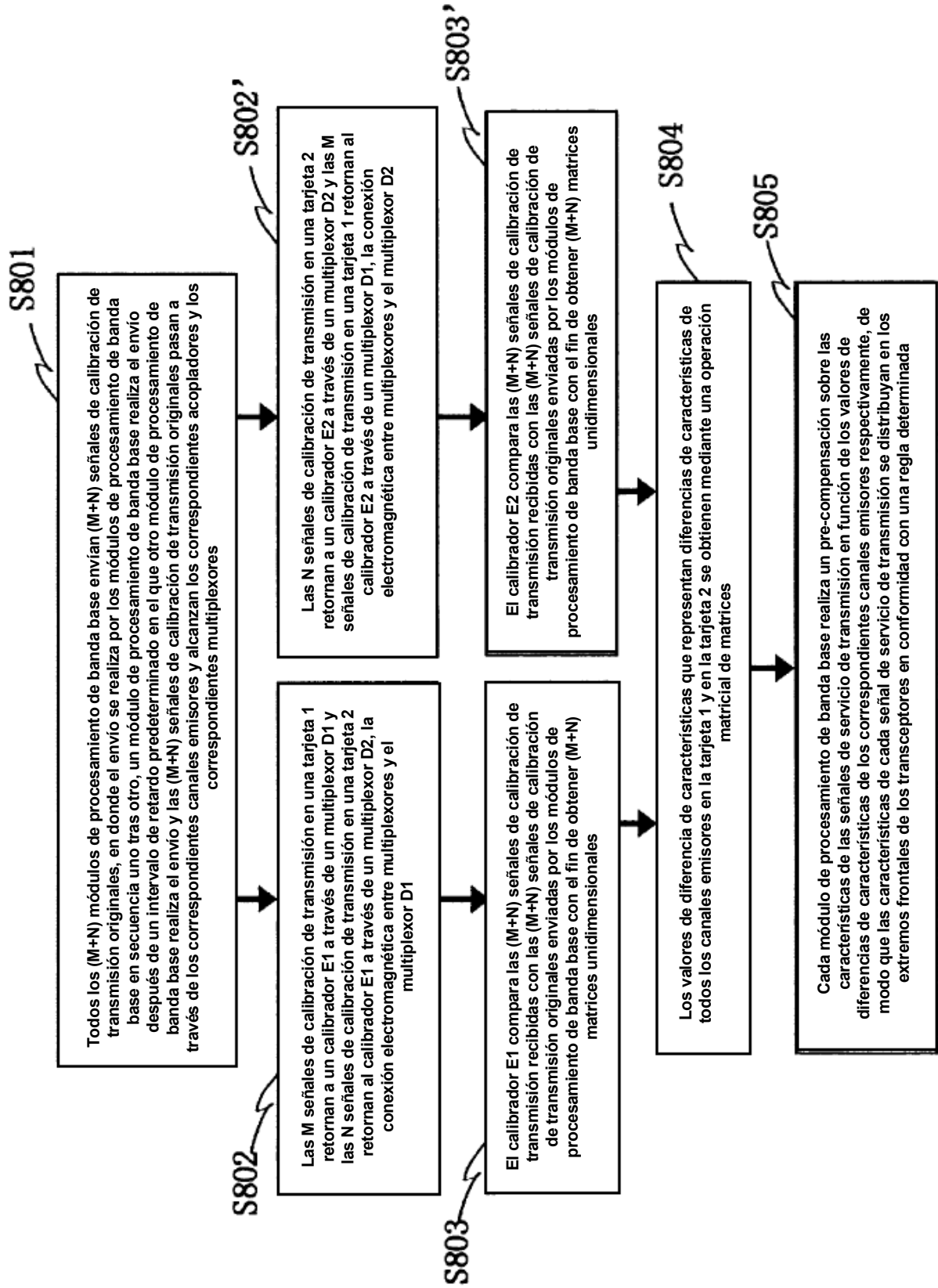


FIG. 8