

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 954**

51 Int. Cl.:

**H04B 17/00** (2015.01)

**H04B 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2012 E 12832171 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2661828**

54 Título: **Subsistema de detección de intermodulación integrado para sistemas de telecomunicaciones**

30 Prioridad:

**16.09.2011 US 201161535520 P**

**24.04.2012 US 201261637382 P**

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

**03.06.2016**

73 Titular/es:

**ANDREW WIRELESS SYSTEMS GMBH (100.0%)  
Industriering 10  
86675 Buchdorf, DE**

72 Inventor/es:

**MACA, GREGORY ALLAN y  
VETTER, UDO-MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 572 954 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**

Subsistema de detección de intermodulación integrado para sistemas de telecomunicaciones

**5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

Esta solicitud reivindica prioridad de la Solicitud Provisional de Estados Unidos con n.º de Serie 61/535.520 presentada el 16 de septiembre de 2011 y titulada "Subsistema de Medición de Intermodulación Pasiva Integrado para sistemas de telecomunicaciones" y la Solicitud Provisional de Estados Unidos con n.º de Serie 61/637.382, presentada el 24 de abril de 2012 y titulada "Subsistema de Detección de Intermodulación para Sistema de Antenas Distribuidas".

**Campo técnico**

15 Esta divulgación se refiere, en general, al procesamiento de señales en sistemas de telecomunicaciones y, más particularmente, se refiere a la detección de productos de intermodulación en los sistemas de telecomunicaciones, tales como los sistemas de antenas distribuidas.

**Antecedentes**

20 Un sistema de telecomunicaciones, tal como un sistema de antenas distribuidas ("DAS"), puede proporcionar cobertura de señal a zonas de cobertura en las que se encuentran dispositivos inalámbricos. Las señales comunicadas a través de un DAS u otros sistemas de telecomunicaciones pueden incluir componentes de señal, tales como productos de intermodulación pasiva ("PIM") u otros productos de intermodulación, que distorsionan las  
 25 señales que se comunican. Los productos de intermodulación pueden resultar de la mezcla indeseada de señales en un sistema de telecomunicaciones. Los productos de intermodulación se pueden generar a partir de dos tonos a diferentes frecuencias (por ejemplo,  $f_1$  y  $f_2$ ) que encuentran una discontinuidad no lineal u otra interfaz no lineal en un sistema de telecomunicaciones. Ejemplos de una discontinuidad no lineal o de otras interfaces no lineales pueden incluir uniones de metales diferentes en los componentes de una ruta de señal, tales como las conexiones entre una  
 30 antena y un transmisor. Los productos de intermodulación pueden incluir señales que tienen frecuencias que se

relacionan con las frecuencias de los tonos originales por la relación  $f_n = \frac{n+1}{2}f_1 - \frac{n-1}{2}f_2$ , en la que  $n = \pm$   
 3,  $\pm 5$ ,  $\pm 7...$  y es el orden del producto de intermodulación,  $f_1$  es la frecuencia del tono más bajo y  $f_2$  es la frecuencia del tono más alto. Por ejemplo,  $f_3 = 2 \times f_1 - f_2$  y es la frecuencia de un producto de intermodulación de tercer orden a una frecuencia por debajo de las frecuencias de los dos tonos. Además,  $f_3 = 2 \times f_2 - f_1$  y es la frecuencia de un  
 35 producto de intermodulación de tercer orden a una frecuencia por encima de las frecuencias de los dos tonos. La presencia de estos productos de intermodulación puede indicar que hay presente una intermodulación en el subsistema de telecomunicaciones.

40 Un dispositivo de medición de PIM que no es parte integral de o ni está, de otro modo, integrado con un sistema de telecomunicaciones que se puede utilizar para medir productos PIM de componentes individuales del sistema antes de instalar cada componente en el sistema. Sin embargo esta solución no permite la detección y medición de los productos PIM de un sistema de telecomunicaciones en funcionamiento una vez que se han instalado los componentes individuales del sistema.

45 De acuerdo con ello, es deseable detectar y medir los productos de intermodulación en un sistema de telecomunicaciones después de su instalación.

El documento WO 97/39597 divulga una estación base de un sistema de radio que comprende varios receptores y varios transmisores, en el que al menos uno de los receptores comprende medios para medir el nivel de señal de la  
 50 señal recibida. Con el fin de medir las perturbaciones causadas por la intermodulación de las señales de los transmisores, la estación de base comprende medios de prueba. Los transmisores son sensibles a dichos medios de prueba para la generación de señales predeterminadas a los medios de antena. Además, dicho receptor es sensible a los medios de prueba para la recepción de señales de los canales de frecuencia de la estación base normalmente en uso de recepción y medición del nivel de señal procedente de la señal recibida.

55 El artículo de T. Bell *et al.* "Range to Fault Technology", del 01 de enero de 2011, XP055087301, describe un equipo de prueba de intermodulación pasiva.

Otros aspectos del procesamiento de señales en un sistema de telecomunicaciones se conocen a partir de los  
 60 documentos WO 2005/109700 A1, US 2009/086028 A1, US 2009/239475 A1 y US 2002/094785 A1.

**Sumario**

Se presenta la materia objeto de la reivindicación independiente. Las características de las realizaciones se definen en las reivindicaciones dependientes.

5 En un aspecto, se proporciona un subsistema de detección de intermodulación. El subsistema de detección de intermodulación incluye un módulo de generación de señal de prueba, al menos un dispositivo de detección de intermodulación, y un controlador. El módulo de generación de señal de prueba se integra en una unidad de un sistema de telecomunicaciones. El módulo de generación de señal de prueba se configura para proporcionar una  
10 señal de prueba a una unidad de antena remota del sistema de telecomunicaciones. El dispositivo de detección de intermodulación se integra en el sistema de telecomunicaciones. El dispositivo de detección de intermodulación se configura para detectar los productos de intermodulación generados por la mezcla de una primera componente de señal y una segunda componente de señal de la señal de prueba. El controlador se integra en la unidad. El controlador se configura para controlar el módulo de generación de señal de prueba y el al menos un dispositivo de  
15 detección de intermodulación.

En otro aspecto, se proporciona un subsistema de detección de intermodulación. El subsistema de detección de intermodulación incluye un módulo de generación de señal de prueba, un dispositivo de medición de potencia, y un controlador. El módulo de generación de señal de prueba se integra en una unidad de un sistema de telecomunicaciones. El módulo de generación de señal de prueba se configura para proporcionar una señal de prueba a una unidad de antena remota del sistema de telecomunicaciones. El dispositivo de medición de potencia se integra en la unidad de antena remota. El dispositivo de medición de potencia se configura para detectar los productos de intermodulación generados por la mezcla de una primera componente de señal y una segunda componente de señal de la señal de prueba. El controlador se integra en la unidad. El controlador se configura para  
20 controlar el módulo de generación de señal de prueba y el al menos un dispositivo de medición de potencia.

En otro aspecto, se proporciona un subsistema de detección de intermodulación. El subsistema de detección de intermodulación incluye un módulo de generación de señal de prueba que incluye un primer búfer, un segundo búfer, y un procesador. El primer búfer se acopla comunicativamente a una ruta de enlace descendente de un sistema de telecomunicaciones. El módulo de generación de señal de prueba se configura para proporcionar una señal de prueba a la ruta de enlace descendente. El segundo búfer se acopla comunicativamente a una ruta de enlace ascendente del sistema de telecomunicaciones. El segundo búfer se configura para generar un conjunto de conjunto de datos digitales de enlace ascendente a partir de una señal de enlace ascendente que atraviesa la ruta de enlace ascendente. El procesador se acopla comunicativamente al primer búfer y al segundo búfer. El procesador se configura para detectar un producto de intermodulación en una señal de enlace ascendente que atraviesa la ruta de enlace ascendente mediante la correlación de un producto de intermodulación modelo y los conjunto de datos digitales de enlace ascendente por el segundo búfer. El producto de intermodulación modelo se genera basándose en un conjunto de datos digitales de prueba procedentes del primer búfer que representa la señal de prueba.

**40 Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de telecomunicaciones que tiene un subsistema de detección de intermodulación integrado de acuerdo con un aspecto.

45 La Figura 2 es una vista esquemática de un ejemplo de sistema de telecomunicaciones en el que un subsistema de detección de intermodulación se puede integrar de acuerdo con un aspecto.

La Figura 3 es una vista esquemática de un router de la estación base con un generador de señal de prueba de un subsistema de detección de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

50 La Figura 4 es un diagrama de bloques de una unidad de antena remota que tiene un dispositivo de medición de intermodulación pasiva ("PIM") de un subsistema de detección de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

La Figura 5 es una vista esquemática de un dispositivo de medición de PIM de un subsistema de detección de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

55 La Figura 6 es un diagrama de bloques de un subsistema de detección de intermodulación configurado para realizar la detección activa de productos de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

La Figura 7 es un diagrama esquemático parcial de un subsistema de detección de intermodulación configurado para realizar la detección activa de productos de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

60 La Figura 8 es un diagrama de bloques de un subsistema de detección de intermodulación configurado para realizar la detección pasiva de productos de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

La Figura 9 es un diagrama esquemático parcial de un módulo de captura de datos de un subsistema de detección de intermodulación configurado para realizar la detección pasiva de productos de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

65 La Figura 10 es un diagrama de bloques de un módulo de procesamiento de datos de un subsistema de detección de intermodulación configurado para realizar la detección pasiva de productos de intermodulación de acuerdo con un aspecto.

### Descripción detallada

Ciertos aspectos y ejemplos se refieren a un subsistema de detección de intermodulación que se puede disponer en un sistema de telecomunicaciones, tal como un sistema de antenas distribuidas ("DAS"). Las señales de enlace descendente transmitidas por el sistema de telecomunicaciones pueden inducir productos de intermodulación pasiva ("PIM") a frecuencias en la banda de frecuencia de enlace ascendente que se pueden recuperar por la unidad de antena remota. Los productos PIM recuperados por una unidad de antena remota pueden distorsionar las señales de enlace ascendente procedentes de los dispositivos inalámbricos. El subsistema de detección de intermodulación puede detectar y/o medir productos PIM y otros productos de intermodulación. La integración de un subsistema de medición de PIM en un sistema de telecomunicaciones puede incluir la disposición de los componentes del subsistema de medición de PIM dentro de uno o más componentes del sistema de telecomunicaciones. El uso de un subsistema de detección de intermodulación integrado puede obviar la necesidad de un dispositivo de medición de PIM independiente, no integral.

En algunos aspectos, el subsistema integrado puede detectar activamente los productos PIM utilizando señales de prueba. El subsistema de medición de PIM puede incluir un controlador, un generador de señal de prueba, y un dispositivo de medición de PIM para detectar activamente los productos PIM. El generador de señal de prueba puede generar una señal de prueba para la medición de productos PIM y proporcionar la señal de prueba a una ruta de enlace descendente del sistema de telecomunicaciones. La señal de prueba puede incluir componentes de señal a las frecuencias seleccionadas por el controlador de tal manera que una combinación lineal de la primera y segunda frecuencias, tal como (pero sin limitarse a) la suma o diferencia de las frecuencias, es una frecuencia en la banda de frecuencia de enlace ascendente. Si la señal de prueba se encuentra con una interfaz no lineal, los productos PIM se pueden generar a partir de los componentes de señal de la mezcla de señales de prueba en la interfaz no lineal. Los productos PIM generados en la ruta de enlace descendente se pueden recuperar por una antena de recepción y proporcionarse a la ruta de acceso de enlace ascendente.

En algunos aspectos, un dispositivo de medición de PIM, tal como un medidor de potencia, incluido en uno o más componentes del sistema de telecomunicaciones puede detectar y medir los productos PIM en la ruta de enlace ascendente. El medidor de potencia puede medir productos PIM en las señales recibidas a través de sondas de prueba acopladas a las rutas de enlace ascendente. Ejemplos de un medidor de potencia pueden incluir un detector logarítmico ("LOG") o un detector de valor eficaz ("RMS"). En otros aspectos, los productos PIM se pueden detectar mediante la correlación de un producto de intermodulación modelo y un conjunto de datos digitales de enlace ascendente que representa digitalmente una señal de enlace ascendente, incluyendo los productos de intermodulación. Un producto de intermodulación modelo puede incluir un conjunto de datos que se deriva matemáticamente a partir de un conjunto de datos digitales de prueba que representan digitalmente la señal de prueba. Por ejemplo, un producto de intermodulación modelo puede ser una representación digital de una combinación lineal de la primera y segunda frecuencias de una señal de prueba. Un dispositivo de medición de PIM puede incluir un búfer de captura configurado para almacenar el conjunto de datos digitales de enlace ascendente. El búfer de captura se puede sincronizar con un módulo de generación de señales que genera el conjunto de datos digitales de prueba. El controlador puede correlacionar matemáticamente los productos de intermodulación modelo con el conjunto de datos digitales de enlace ascendente. La correlación matemática del producto de intermodulación modelo con el conjunto de datos digitales de enlace ascendente puede indicar la presencia del producto de intermodulación en la señal de enlace ascendente.

En aspectos adicionales o alternativos, el subsistema de detección de intermodulación puede realizar la detección pasiva de productos PIM. El subsistema de detección de intermodulación puede incluir un módulo de captura de enlace descendente acoplado a la ruta de enlace descendente y un módulo de captura de enlace ascendente acoplado a la ruta de acceso de enlace ascendente. El módulo de captura de enlace descendente puede recibir una señal de enlace descendente desde la ruta de enlace descendente y convertir la señal de enlace descendente en un conjunto de datos digitales de enlace descendente que representa la señal de enlace descendente. El módulo de captura de enlace ascendente puede recibir una señal de enlace ascendente de la ruta de enlace ascendente y convertir la señal de enlace ascendente en un conjunto de datos digitales de enlace ascendente que representan la señal de enlace ascendente. El módulo de modelado de intermodulación puede aplicar una función no lineal, que modela la generación de un producto de intermodulación de la señal de enlace descendente, en el conjunto de datos digitales de enlace descendente para generar un producto de intermodulación modelo. El procesador puede correlacionar de forma cruzada el producto modelo de intermodulación con el conjunto de datos digitales de enlace ascendente para determinar que existe una correlación matemática entre el producto modelo de intermodulación y el conjunto de datos digitales de enlace ascendente, indicando de ese modo la presencia y la potencia de señal de un producto de intermodulación en la ruta de enlace ascendente.

Las descripciones detalladas de ciertos ejemplos se describen a continuación. Estos ejemplos ilustrativos se proporcionan para introducir al lector en la materia que se analiza aquí, y no pretenden limitar el alcance de los conceptos divulgados. Las siguientes secciones describen diversos aspectos y ejemplos adicionales con referencia a los dibujos en los que números similares indican elementos similares, y las descripciones de dirección se utilizan para describir los ejemplos ilustrativos, pero, al igual que los ejemplos ilustrativos, no se deben utilizar para limitar la presente invención.

La figura 1 representa un subsistema de detección de intermodulación 103 integrado en un sistema de telecomunicaciones 100. La integración del subsistema de detección de intermodulación 103 en el sistema de telecomunicaciones 100 puede incluir disponer algunos o todos los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 encerrados dentro uno o más dispositivos de comunicación del sistema de telecomunicaciones 100. El sistema de telecomunicaciones 100 de la Figura 1 incluye también una ruta de enlace descendente 104 y una ruta de enlace ascendente 106. La ruta de enlace descendente 104 puede ser una ruta de señal que incluye uno o más dispositivos para la comunicación de señales de enlace descendente recibidas desde una estación base hasta los dispositivos inalámbricos utilizados por el sistema de telecomunicaciones 100. Las señales de enlace descendente son señales a frecuencias en una banda de frecuencia de enlace descendente proporcionada desde una o más estaciones de base 102a-n a una unidad de antena remota para su radiación a dispositivos inalámbricos. La ruta de acceso de enlace ascendente 106 puede ser una ruta de señal que incluye uno o más dispositivos para la comunicación de señales de enlace ascendente recibidas de los dispositivos inalámbricos a una o más estaciones base 102a-n. Las señales de enlace ascendente pueden incluir señales recibidas desde los dispositivos inalámbricos en las zonas de cobertura utilizadas por unidades de antenas remotas del sistema de telecomunicaciones 100. El subsistema de detección de intermodulación 103 puede detectar y medir productos PIM en señales que atraviesan la ruta de enlace descendente 104 y/o la ruta de enlace ascendente 106.

La Figura 2 representa un ejemplo de sistema de telecomunicaciones 100 que tiene un router 202 de la estación base en comunicación con las estaciones de base 102a-n y una unidad de distribución 204. El sistema de telecomunicaciones 100 puede incluir también unidades maestras 206a, 206b en comunicación con la unidad de distribución 204 y unidades de antenas remotas 208a-f. El sistema de telecomunicaciones 100 se puede situar en un área para ampliar la cobertura de comunicación inalámbrica o para facilitar otras funciones de telecomunicaciones.

En la dirección de una ruta de enlace descendente 104, el sistema de telecomunicaciones 100 puede recibir señales de enlace descendente desde las estaciones base 102a-n a través de un medio de comunicación por cable o inalámbrico. Las señales de enlace descendente se pueden recibir por el router 202 de la estación base. El router 202 de la estación base puede proporcionar las señales de enlace descendente a las unidades maestras 206a, 206b a través de la unidad de distribución 204. Las unidades maestras 206a, 206b se pueden comunicar con la unidad de distribución 204 a través de cualquier medio de comunicación capaz de transmitir señales entre la unidad de distribución 204 y las unidades maestras 206a, 206b. Ejemplos de un medio de comunicación adecuado incluyen alambre de cobre (tal como un cable coaxial), fibra óptica, y enlace por microondas u óptico. El enlace puede transportar las señales en forma analógica o en forma digitalizada. En algunos aspectos, las unidades maestras pueden comunicarse directamente con el router 202 de la estación base.

Las unidades maestras 206a, 206b pueden proporcionar señales de enlace descendente para las unidades de antenas remotas 208a-f. Las unidades de antenas remotas 208a-f se pueden comunicar con las unidades maestras 206a, 206b a través de cualquier medio de comunicación capaz de transmitir señales entre las unidades maestras 206a, 206b y las unidades de antenas remotas 208a-f. Ejemplos de un medio de comunicación adecuados incluyen alambre de cobre (tal como un cable coaxial), fibra óptica, y enlace por microondas y óptico. El enlace puede transportar las señales en forma analógica o en forma digitalizada. Las unidades de antenas remotas 208a-f pueden irradiar las señales del sector o sectores distribuidas al área física.

En la dirección de una ruta de acceso de enlace ascendente 106, el router 202 de la estación base puede recibir señales de enlace ascendente a partir de las unidades de antenas remotas 208a-f a través de las unidades maestras 206a, 206b y la unidad de distribución 204.

Un subsistema de detección de intermodulación 103 se puede integrar en el sistema de telecomunicaciones 100 representado en la Figura 2. Uno o más componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 se pueden disponer en uno o más de los componentes del sistema de telecomunicaciones 100.

#### Subsistema de detección de intermodulación en el router de la estación base

La Figura 3 representa un ejemplo de un router 202 de la estación base en el que se integra un subsistema de detección de intermodulación 103. El subsistema de detección de intermodulación 103 puede incluir un controlador 302, un generador de señal de prueba 304, un conmutador de ruta 310, conmutadores de pruebas 312, conmutadores de terminación 314, conmutadores de protección 316, conmutadores detectores 318a, 318b, medidores de potencia 320a, 320b, y sondas de prueba 322a-d. Aunque el router 202 de la estación base se representa como teniendo dos rutas de enlace descendente 104a, 104b y dos rutas de enlace ascendente 106a, 106b, el router 202 de la estación de base puede incluir cualquier número de rutas de enlace ascendente y de enlace descendente, incluyendo una de cada una.

El controlador 302 puede configurar los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103. La configuración de los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 puede incluir la operación de modificación de un componente de en el sistema de telecomunicaciones 100 o causar, de otro modo, un cambio en el estado de un componente. El controlador 302 puede configurar los componentes, por ejemplo, la generación de señales de control y la transmisión de señales de control a los componentes respectivos. Un ejemplo de un

controlador 302 es un controlador de interfaz periférica ("PIC"). El controlador 302 se puede comunicar con los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 integrado en el router 202 de la estación base a través de, por ejemplo, una placa de circuito impreso. El controlador 302 se puede comunicar con los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 dispuestos en otras partes del sistema de telecomunicaciones 100 (por ejemplo, en las unidades maestras, las unidades de antenas remotas, etc.) utilizando las señales de control comunicadas a través de las rutas de enlace descendente 104a, 104b y las rutas de enlace ascendente 106a, 106b.

En aspectos adicionales o alternativos, el controlador 302 se puede comunicar con los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 dispuestos en otras partes del sistema de telecomunicaciones 100 utilizando señales de control comunicadas a través de una ruta de control. La ruta de control puede ser cualquier medio de comunicación adecuado para la comunicación por cable o inalámbrica entre los componentes de la subsistema de detección de intermodulación 103. Ejemplos de un medio de comunicación adecuados incluyen alambre de cobre (tal como un cable coaxial), fibra óptica, y enlace por microondas u óptico.

El generador de señal de prueba 304 puede incluir fuentes de señal 306a, 306b y un combinador 308. Una fuente de señal puede ser, por ejemplo, un generador de señal analógica capaz de producir tonos de onda continua. El combinador 308 puede combinar las señales de cada una de las fuentes de señal 306a, 306b a la salida de una señal de prueba combinada. En algunos aspectos, la combinación de las señales puede incluir la suma o adición de señales. El controlador 302 se puede utilizar para configurar las fuentes de señal 306a, 306b para seleccionar las frecuencias de las señales de las fuentes de señal 306a, 306b. Las frecuencias de las dos señales de prueba se pueden seleccionar de tal manera que una combinación lineal de las frecuencias de la señal de prueba es una frecuencia en la banda de frecuencia de enlace ascendente. En algunos aspectos, el generador de señal de prueba 304 se puede integrar en un dispositivo de medición de PIM, que se puede integrar en una unidad de antena remota. En aspectos adicionales o alternativos, el generador de señal de prueba 304 puede utilizar la estimulación de tono-n (por ejemplo, medición de triple golpe) o utilizar dos tonos en diferentes rutas de enlace descendente.

El generador de señal de prueba 304 puede proporcionar una señal de prueba combinada a las rutas de enlace descendente 104a, 104b a través del conmutador de ruta 310 y de los conmutadores de prueba 312. El conmutador de ruta 310 se puede utilizar para seleccionar una de las rutas de enlace descendente 104a, 104b para recibir la señal de prueba combinada. Los conmutadores de prueba 312 se pueden utilizar para acoplar el conmutador de ruta 310 a cualquiera de las rutas de enlace descendente 104a, 104b.

Los productos PIM para el sistema de telecomunicaciones 100 se pueden detectar y medir mediante la configuración del sistema de telecomunicaciones 100 para la prueba. En el modo de prueba, el controlador 302 puede configurar el subsistema de detección de intermodulación 103 para acoplar uno o ambos de las rutas de enlace descendente 104a, 104b al conmutador de ruta 310 a través del uno o ambos de los conmutadores de prueba 312. El controlador 302 puede configurar el subsistema de detección de intermodulación 103 para terminar la entrada de las estaciones de base en las rutas de enlace descendente 104a, 104b. La terminación de la entrada de las estaciones de base en las rutas de enlace descendente 104a, 104b puede incluir el acoplamiento de las estaciones base a través de los conmutadores de terminación 314 a las cargas resistivas de terminación, cada una representada en la Figura 3 como una resistencia acoplada a tierra. El controlador 302 puede configurar también el subsistema de detección de intermodulación 103 para conectar a tierra la salida de uno o ambos de las rutas de enlace ascendente 106a, 106b mediante el acoplamiento de las rutas de enlace ascendente 106a, 106b a las cargas resistivas de terminación a través de conmutadores de protección 316.

El medidor de potencia 320a puede medir la potencia de las señales recibidas por las sondas de prueba 322a, 322b en las rutas de enlace descendente 104a, 104b, respectivamente. El medidor de potencia 320a puede medir la potencia de la señal de prueba combinada proporcionada por el generador de señal de prueba 304. El medidor de potencia 320a puede ser, por ejemplo, un detector logarítmico ("LOG") o un detector de valor eficaz ("RMS"). El controlador 302 puede configurar el conmutador detector 318a para acoplar el medidor de potencia 320a a cualquiera de las sondas de prueba 322a, 322b.

Si la señal de prueba combinada se encuentra con una interfaz no lineal en la ruta de enlace descendente o en la ruta de enlace ascendente, los productos PIM se pueden generar a partir de la mezcla de los componentes de señal de la señal de prueba en la interfaz no lineal. Dicha mezcla indeseable puede ocurrir en la ruta del enlace descendente o en la ruta de enlace ascendente. Los productos PIM se pueden transmitir y recuperar por una unidad de antena remota y se proporcionan a las rutas de enlace ascendente 106a, 106b.

El medidor de potencia 320b puede medir, en el router 202 de la estación base, los productos PIM en señales recibidas por las sondas de prueba 322c, 322d en las rutas de enlace ascendente 106a, 106b, respectivamente. El 320b medidor de potencia puede ser, por ejemplo, un detector logarítmico ("LOG") o un detector de valor eficaz ("RMS"). El controlador 302 puede configurar el conmutador detector 318b para acoplar el medidor de potencia 320b a cualquiera de las sondas de prueba 322c, 322d.

En algunos aspectos, uno o ambos de los medidores de potencia 320a, 320b, así como los conmutadores detectores asociados 318a, 318b y las sondas de prueba 322c-d, se pueden omitir.

La Figura 3 representa también el router 202 de la estación base que incluye atenuadores 326a-d y los conmutadores de ruta 328 de los atenuadores en las rutas de enlace descendente 104a, 104b y los atenuadores 326e-h e conmutadores de ruta 328 de los atenuadores en las rutas de enlace ascendente 106a, 106b. Los atenuadores 326e, 326f pueden igualar la potencia de las señales de enlace descendente de diferentes estaciones de base antes de combinar las señales de enlace descendente en la unidad de distribución 204. Los atenuadores 326c, 326d pueden atenuar la potencia de las señales de enlace ascendente después de que las señales de enlace ascendente se han des-multiplexado por la unidad de distribución 204 de tal manera que las señales de enlace ascendente tienen la intensidad que la señal requerida por las estaciones base que reciben las señales de enlace ascendente.

En un modo de prueba, el controlador 302 puede configurar el sistema de telecomunicaciones 100 de tal manera que las señales de enlace descendente procedentes de las estaciones base se enrutan hasta los atenuadores 326a, 326b a través del conmutador de ruta 328 de los atenuadores. Los atenuadores 326a, 326b puede atenuar las señales de enlace descendente. Las señales de enlace descendente atenuadas se pueden dirigir a las cargas resistivas de terminación a través del conmutador de ruta 328 de los atenuadores y de los conmutadores de terminación 314.

#### Subsistema de detección de intermodulación en la unidad de antena remota

En aspectos adicionales o alternativos, parte del subsistema de detección de intermodulación 103 se puede integrar en otros componentes del sistema de telecomunicaciones 100. Por ejemplo, la Figura 4 representa un ejemplo de una unidad de antena remota 208 que tiene componentes de detección y de medición del subsistema de detección de intermodulación 103. La unidad de antena remota 208 puede incluir amplificadores de potencia 403a, 403b, subsistemas de aislamiento 404a, 404b, amplificadores de ruido bajo 405a, 405b, y una antena 410. Los componentes de medición del subsistema de detección de intermodulación 103 pueden incluir un sub-controlador 401, un dispositivo de medición de PIM 402, conmutadores de prueba 406a, 406b, conmutador de ruta 408, y sondas de prueba 412a-d.

El sub-controlador 401 puede configurar los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 integrado en la unidad de antena remota 208. Un ejemplo de un sub-controlador 401 es un PIC. El sub-controlador 401 se puede comunicar con los componentes del subsistema de detección de intermodulación 103 integrado en la unidad de antena remota 208 a través de, por ejemplo, una placa de circuito impreso. El sub-controlador 401 se puede comunicar con el controlador 302 utilizando señales de control comunicadas a través de las rutas de enlace descendente 104a, 104b y rutas de enlace ascendente 106a, 106b.

La unidad de antena remota 208 puede recibir señales de enlace descendente a través de las rutas de enlace descendente 104a, 104b y proporcionar señales de enlace ascendente a través de las rutas de enlace ascendente 106a, 106b. El subsistema de aislamiento 404a puede aislar las señales de enlace descendente que atraviesan la ruta del enlace descendente 104a, transmitidas a través de la antena 410 de las señales de enlace ascendente que atraviesan la ruta de enlace ascendente 106a y recuperadas a través de la antena 410. El subsistema de aislamiento 404b puede aislar las señales de enlace descendente que atraviesan la ruta del enlace descendente 104b de las señales de enlace ascendente que atraviesan la ruta 106b de enlace ascendente. Los subsistemas de aislamiento 404a, 404b pueden incluir cada uno, por ejemplo, un duplexor. Los subsistemas de aislamiento 404a, 404b pueden incluir una o más interfaces no lineales que pueden generar productos PIM.

El dispositivo de medición de PIM 402 se puede acoplar a sondas de prueba 412a-d a través de los conmutadores de prueba 406a, 406b y el conmutador de ruta 408. Las sondas de prueba 412a, 412b pueden recibir una señal a medir de la ruta de enlace descendente 104a o de la ruta de enlace ascendente 106a, respectivamente. Las sondas de prueba 412c, 412d pueden recibir una señal a medir de la ruta del enlace descendente 104b y de la ruta de enlace ascendente 106b, respectivamente. El dispositivo de medición de PIM 402 puede recibir la señal a medir a través del conmutador de ruta 408.

En un modo de prueba, el controlador 302 puede configurar el subsistema de detección de intermodulación 103a a través de un controlador secundario para acoplar el conmutador de ruta 408 a las sondas de prueba 412a, 412b o a las sondas de prueba 412c, 412d. El controlador 302 puede configurar el subsistema de detección de intermodulación 103a a través del sub-controlador para acoplar el conmutador de prueba 406a a cualquiera de las sondas de prueba 412a, 412b. El controlador 302 puede configurar el subsistema de detección de intermodulación 103 para acoplar el conmutador de prueba 406a a cualquiera de las sondas de prueba 412c, 412d.

El dispositivo de medición de PIM 402 puede detectar y medir los productos PIM en las señales que atraviesan las rutas de enlace descendente 104a, 104b mediante la medición de una señal recibida a través de las sondas de prueba 412a, 412c, respectivamente. Los productos PIM en las rutas de enlace descendente 104a, 104b se pueden generar por los componentes en las rutas de enlace descendente 104a, 104b antes de los subsistemas de aislamiento 404a, 404b. Los componentes en las rutas de enlace descendente 104a, 104b que pueden generar productos PIM pueden incluir, por ejemplo, amplificadores de potencia 403a, 403b.

5 Cuando el controlador 302 configura el subsistema de detección de intermodulación 103 para medir una señal recibida a través de las sondas de prueba 412b, 412d, el dispositivo de medición de PIM 402 puede detectar y medir los productos PIM en las señales que atraviesan las rutas de enlace ascendente 106a, 106b después de amplificadores de ruido bajo 405a, 405b. Los productos PIM en las rutas de enlace ascendente 106a, 106b pueden incluir también productos PIM de las rutas de enlace descendente 104a, 104b.

10 En algunos aspectos, el dispositivo de medición de PIM 402 se puede utilizar como un analizador de espectro para medir señales antes del subsistema de aislamiento 404a utilizando sondas de prueba 412a-b y posterior al subsistema de aislamiento 404a utilizando una sonda de prueba (no mostrada). Además, las sondas de prueba 412a, 412c se pueden utilizar para medir la intermodulación y/o productos PIM internos generados en el sistema. Debido al aislamiento de enlace descendente y de enlace ascendente, la intermodulación interna se puede determinar utilizando sondas de prueba 412b, 412d y el dispositivo de medición de PIM 402. Las sondas de prueba 412b, 412d se pueden utilizar para medir un PIM compuesto (es decir, externo e interno). Al utilizar la intermodulación interna determinada utilizando las sondas de prueba 412b, 412d, se puede medir exclusivamente los PIM externos. En algunos aspectos, el dispositivo de medición de PIM 402 se puede utilizar como un generador piloto para medir otras características del sistema, tales como la ganancia de enlace ascendente. En otros aspectos, el dispositivo de medición de PIM se puede configurar para muestrear y procesar una señal de medición digital.

20 Si bien el subsistema de detección de intermodulación 103 se representa en las Figuras 3 y 4 como incluyendo un generador de señal de prueba 304 integrado en el router 202 de la estación base y un dispositivo de medición de PIM 402 integrado en una unidad de antena remota 208, estos componentes del subsistema de medición de PIM se pueden integrar en otros dispositivos del sistema de telecomunicaciones. Por ejemplo, en algunos aspectos, tanto el generador de señal de prueba 304 como el dispositivo de medición de PIM 402 se pueden integrar en una unidad de antena remota 208.

25 La unidad de antena remota 208 puede incluir también un escáner de frecuencia 414 para distinguir señales extrañas de los productos PIM. Las señales extrañas pueden incluir señales de otros dispositivos inalámbricos en el área de cobertura de la unidad de antena remota 208. El escáner de frecuencia 414 puede incluir una antena y un analizador de espectro. En algunos aspectos, el escáner de frecuencia 414 se puede comunicar con el controlador 302 utilizando señales de control transmitidas a través de una o más de las rutas de enlace ascendente y descendente. En otros aspectos, el escáner de frecuencia se puede comunicar con el controlador 302 utilizando señales de control transmitidas a través de una ruta de control. El controlador 302 puede configurar el escáner de frecuencia 414 para detectar las señales extrañas utilizando una antena separada de la antena 410. El escáner de frecuencia 314 puede determinar las frecuencias de las señales extrañas detectadas.

35 El controlador 302 puede detectar la presencia de cualquier señal extraña en el área de cobertura de la unidad de antena remota 208 a las mismas frecuencias que cualquiera de los productos PIM generados por la mezcla de los componentes de señal de la señal de prueba. Mediante la determinación de si cualquier señal extraña tiene las mismas frecuencias que los productos PIM, el controlador 302 puede distinguir los productos PIM en las rutas de enlace ascendente 106a, 106b de cualquier señal extraña. En algunos aspectos, el subsistema de detección de intermodulación 103 puede identificar las frecuencias de señales extrañas antes de generar la señal de prueba. El controlador 302 puede seleccionar las frecuencias de la señal de prueba de tal manera que cualquiera de los productos PIM estará a frecuencias en la banda de frecuencia de enlace ascendente, evitando las frecuencias de señales extrañas en el área de cobertura de la unidad de antena remota 208.

40 Si bien el dispositivo de medición de PIM 402 se representa como incluyendo sondas de prueba para dos rutas de enlace descendente y dos rutas de enlace ascendente, un dispositivo de medición de PIM pueden incluir sondas de prueba para cualquier número de rutas de enlace descendente y rutas de enlace ascendente. Por otra parte, un subsistema de detección de intermodulación 103, de acuerdo con algunos aspectos, se puede implementar sin un escáner de frecuencias.

45 La Figura 5 representa esquemáticamente un ejemplo del dispositivo de medición de PIM 402 del subsistema de detección de intermodulación 103. El dispositivo de medición de PIM 402 puede incluir un oscilador local 502, un mezclador 504, un conmutador de filtro 506, filtros 508a-d, y un medidor de potencia 510.

50 El oscilador local 502 y el mezclador 504 pueden recibir una señal de una ruta de enlace descendente o de una ruta de enlace ascendente a través del conmutador del filtro 506. El oscilador local 502 y el mezclador 504 pueden convertir la señal reduciéndola hasta una frecuencia intermedia.

60 Los filtros 508a-d se pueden incluir en un banco de filtros conmutados. Los filtros 508a-d se pueden utilizar para medir las características utilizando diferentes resoluciones de ancho de banda. Cada uno de los filtros 508a-d en el banco de filtros conmutados puede pasar a diferentes bandas de frecuencia en la etapa de filtrado. Uno de los filtros 508a-d puede recibir la señal a través del conmutador del filtro 506. Los filtros 508a-d pueden filtrar la señal para aislar cualquier producto PIM y minimizar el ruido. Los filtros 508a-d pueden cancelar o atenuar cualquier componente de señal de la señal recibida excepto los productos PIM. Cada uno de los filtros 508a-d puede hacer pasar una banda de frecuencia diferente. Uno de los filtros 508a-d se puede seleccionar con el conmutador de filtro

506. Un filtro asociado con una banda de frecuencias a pasar se puede seleccionar, por ejemplo, de tal manera que las frecuencias correspondientes a las señales extrañas se pueden rechazar o atenuar. La banda de frecuencia que se hace pasar puede corresponder a la frecuencia de productos PIM incluidos en la señal.

5 El medidor de potencia 510 puede recibir la señal de uno de los filtros 508a-d. El medidor de potencia puede, por ejemplo, ser un detector LOG o un detector RMS. Si el medidor de potencia 510 detecta un producto PIM, el dispositivo de medición de PIM 402 puede emitir un mensaje de alarma que identifica la presencia del producto PIM para otros componentes del sistema de telecomunicaciones 100, tal como (pero sin limitarse a) el router 202 de la estación de base. El dispositivo de medición de PIM 402 puede proporcionar el mensaje de alarma a otros  
10 componentes del sistema de telecomunicaciones 100 a través de una de las rutas de enlace ascendente 106a, 106b.

15 En algunos aspectos, el subsistema de detección de intermodulación 103se puede configurar para generar periódicamente señales de prueba y medir los productos PIM resultantes. El controlador 302 puede sincronizar el generador de señal de prueba 304 y el oscilador local 502 de manera que el ancho de banda de resolución necesaria para el medidor de potencia 510 se reduce al mínimo. Al generar periódicamente señales de prueba y medición de los productos PIM resultantes, el subsistema de detección de intermodulación 103puede distinguir los productos PIM del ruido en las rutas de enlace ascendente 106a, 106b. En otros aspectos, el generador de señal de prueba 304 puede generar señales de prueba de potencia suficiente de manera que cualquier producto PIM  
20 resultante se encuentra a una potencia de señal que excede el umbral de ruido de las rutas de enlace ascendente 106a, 106b.

#### Detección activa de los productos de intermodulación

25 En aspectos adicionales o alternativos, el subsistema de detección de intermodulación 103' puede realizar la detección activa de los productos de intermodulación. Por ejemplo, la Figura 6 es un diagrama de bloques que representa un aspecto de un subsistema de detección de intermodulación 103' configurado para realizar la detección activa de productos de intermodulación. El subsistema de detección de intermodulación 103' puede incluir un procesador 602, un módulo de generación de señal de prueba 604, y un módulo de captura de datos 606.  
30

El subsistema de detección de intermodulación 103' puede detectar los productos de intermodulación, como los productos de intermodulación pasivos generados por una fuente de impedancia no lineal 608. Ejemplos de una fuente de impedancia no lineal 608 pueden incluir uniones de metales diferentes en componentes de una ruta de señal, tales como las conexiones entre una antena y un transmisor. Un sistema de telecomunicaciones 100 puede  
35 incluir múltiples fuentes de impedancia no lineal 608, como las unidades de antenas remotas 208a-f.

El procesador 602 se puede acoplar comunicativamente al módulo de generación de señal de prueba 604 y al módulo de captura de datos 606. El procesador 602 puede procesar los datos desde el módulo de generación de señal de prueba 604 y desde el módulo de captura de datos 606 para detectar los productos de intermodulación en  
40 la ruta de enlace ascendente 106. Ejemplos del procesador 602 incluyen un microprocesador, un controlador de interfaz periférica ("PIC"), un circuito integrado de aplicación específica ("ASIC"), una matriz de puertas programables en campo ("FPGA"), u otro procesador adecuado. El procesador 602 puede incluir un procesador o cualquier número de procesadores.

45 El procesador 602 puede configurar el módulo de generación de señal de prueba 604 para generar una señal de prueba analógica de un conjunto de datos digitales de prueba. Un ejemplo de un módulo de generación de señal de prueba 604 puede incluir un búfer de reproducción periódica, un convertidor de digital a analógico, circuitería de conversión ascendente, y un amplificador de potencia. El módulo de generación de señal de prueba 604 se puede acoplar de manera comunicativa a la ruta de enlace descendente 104. El conjunto de datos digitales de prueba  
50 puede representar una señal digital que tiene dos frecuencias de prueba. Las dos frecuencias de prueba se pueden seleccionar por el procesador 602 de tal manera que una combinación lineal de las frecuencias de prueba es una frecuencia en la banda de frecuencia de enlace ascendente. El módulo de generación de señal de prueba 604 puede convertir los datos digitales de prueba en una señal de prueba analógica que tiene componentes de frecuencia para cada una de las frecuencias de la señal de prueba.

55 El módulo de generación de señal de prueba 604 puede proporcionar la señal de prueba analógica en la ruta de enlace descendente 104. Si la señal de prueba analógica se encuentra con una fuente de impedancia no lineal 608, los productos PIM u otros productos de intermodulación se pueden generar a partir de los componentes de señal de la mezcla de señales de prueba analógicas en la interfaz no lineal de la fuente de impedancia no lineal 608. Los  
60 productos PIM pueden tener una frecuencia dentro de la banda de frecuencia de enlace ascendente. Los productos PIM generados en la ruta del enlace descendente se pueden proporcionar en la ruta de enlace ascendente a través de la reflexión por la fuente de impedancia no lineal 608 o por medio de la recuperación por una antena de recepción, tal como una unidad de antena remota.

65 El módulo de captura de datos 606 se puede acoplar en comunicación con la ruta de enlace ascendente 106. Un ejemplo de un módulo de captura de datos 606 puede incluir un amplificador de ruido bajo, el circuito de conversión

descendente, un convertidor de analógico a digital, y un búfer de captura promedio. Las señales analógicas que atraviesan la ruta de enlace ascendente 106 se pueden recibir por el módulo de captura de datos 606. El módulo de captura de datos 606 puede convertir las señales que atraviesan la ruta de enlace ascendente 106 en un conjunto de datos digitales de enlace ascendente que representan una señal de enlace ascendente digital.

5 El módulo de generación de señal de prueba 604 y el módulo de captura de datos 606 se pueden sincronizar. La sincronización del módulo de generación de señal de prueba 604 y del módulo de captura de datos 606 puede permitir que el procesador 602 identifique un componente de señal de una señal que atraviesa la ruta de enlace ascendente 106 que es un producto de intermodulación. El procesador 602 puede generar un producto de intermodulación modelo del conjunto de datos digitales de prueba que se pueden correlacionar matemáticamente con el producto de intermodulación en la ruta de enlace ascendente 106. El procesador 602 puede determinar que un aumento en la potencia de señal de una señal de enlace ascendente detectado por el módulo de captura de datos 606 se correlaciona matemáticamente con el producto de intermodulación modelo generado utilizando una señal de prueba generada por el módulo de generación de señal de prueba 604. Un aumento de la potencia de señal de una señal detectada por el módulo de captura de datos 606 que se correlaciona matemáticamente con el producto de intermodulación modelo puede indicar la presencia y la potencia de señal de un producto de intermodulación en la ruta de enlace ascendente 106.

20 Si bien el subsistema de detección de intermodulación 103' se representa en la Figura 2 como estando dispuesto en la unidad maestra 206, son posibles otras configuraciones. El subsistema de detección de intermodulación 103' se puede disponer en o integrarse con cualquier dispositivo en un sistema de telecomunicaciones 100. En algunos aspectos, un subsistema de detección de intermodulación 103' se puede disponer en cada una de las unidades de antenas remotas 208a-f. En otros aspectos, un subsistema de detección de intermodulación 103' se puede disponer en la unidad maestra 206 y en cada una de las unidades de antenas remotas 208a-f. En otros aspectos, un subsistema de detección de intermodulación 103' se puede disponer en un router 202 de la estación base.

La Figura 7 es un diagrama esquemático parcial de un subsistema de detección de intermodulación 103' configurado para realizar la detección activa de productos de intermodulación de acuerdo con un aspecto. El módulo de generación de señal de prueba 604 puede generar una señal analógica, tal como una señal RF, que puede incluir dos componentes de la señal de prueba. El módulo de captura de datos 606 puede detectar la presencia de un producto de intermodulación.

Un ejemplo de un módulo de generación de señal de prueba 604 es un búfer de reproducción, tal como un búfer de reproducción periódica. En algunos aspectos, el módulo de generación de señal de prueba 604 se puede cargar con un conjunto de datos de L-puntos que contienen dos tonos complejos, tales como

$$x[n] = a_1 e^{\frac{2\pi}{L} k_1 n + \theta_1} + a_2 e^{\frac{2\pi}{L} k_2 n + \theta_2}$$

40 donde  $a_i$  es la amplitud,  $\theta_i$  es la fase, y  $k_i$  es el índice de frecuencia de los tonos. Ambos tonos complejos pueden tener una periodicidad de L muestras. Los subíndices de las amplitudes, fases, y los retrasos pueden incluir dos índices. El primer índice puede identificar el tono. El segundo índice puede identificar delinear la etapa del sistema. Por ejemplo,  $a_{i,2}$  es la amplitud de un tono de  $i$  en la segunda etapa.

45 El módulo de generación de señal de prueba 604 puede proporcionar el conjunto de datos  $x[n]$  para un módulo de conversión ascendente 702. Un ejemplo de un módulo de conversión ascendente 702 representado en la Figura 7 es un modulador complejo. El módulo de conversión ascendente 702 puede incluir un convertidor de digital a analógico 705, los filtros 706a, 706b, un mezclador 708, y un oscilador local 710. El módulo de conversión ascendente 702 puede convertir tonos complejos aumentándolos a una frecuencia de RF. Los tonos complejos se pueden amplificar por un amplificador de potencia 712. La salida del amplificador de potencia 712 puede ser una señal analógica representada por la función

$$x(t) = a_{1,2} \cos(2\pi f_1 t + \theta_{1,2}) + a_{2,2} \cos(2\pi f_2 t + \theta_{2,2}) + d_{1,2} \cos(2\pi f_c t + \phi_{1,2})$$

55 Cada una de las frecuencias  $f_i$  se puede representar por la función  $f_i = f_c + \frac{i}{L} k_{i,2}$ , donde  $f_c$  es la velocidad de muestreo y  $f_c$  es la frecuencia del oscilador local. La señal analógica se puede proporcionar a una línea de transmisión 716 a través del lado de enlace descendente de un subsistema de aislamiento 714, tal como (pero sin limitarse a) un duplexer.

60 Además de los dos tonos, la señal analógica emitida desde el amplificador de potencia 712 puede incluir productos de intermodulación generados por el módulo de conversión ascendente 702 y el amplificador de potencia 712. Las frecuencias  $f_n$  de los productos de intermodulación se pueden representar por la función  $f_n = \frac{n+1}{2} f_1 + \frac{n-1}{2} f_2$  con

una fase  $\varphi_{t,2}$ .

Las frecuencias de los tonos complejos,  $f_1$  y  $f_2$ , se pueden seleccionar de tal manera que los tonos complejos se pueden proporcionar a la línea de transmisión 716 a través de la banda de enlace descendente del subsistema de aislamiento 714 sin tener que atenuarse significativamente. El producto de intermodulación deseado  $f_n$  a medir se atenúa significativamente en el lado descendente del subsistema de aislamiento 714. El producto de intermodulación deseado  $f_n$  a medir no se atenúa significativamente por el lado de enlace ascendente del subsistema de aislamiento 714.

Una señal generada a partir de los tonos complejos se puede proporcionar a la línea de transmisión 716 a través del lado de enlace descendente del subsistema de aislamiento 714. La señal a la salida del subsistema de aislamiento 714 se puede representar por la función

$$x_f(t) = a_{1,3} \cos(2\pi f_1 t + \theta_{1,3}) + a_{2,3} \cos(2\pi f_2 t + \theta_{2,3}).$$

La señal compleja puede atravesar la línea de transmisión 716 de la salida del subsistema de aislamiento 714 en uno o más puntos de discontinuidades no lineales. El uno o más puntos de discontinuidades no lineales se representan en la Figura 7 como fuentes de impedancia no lineales 608a-c. Una discontinuidad no lineal ubicada físicamente en puntos  $pt_i$  a una distancia de  $d_i$  en metros desde el subsistema de aislamiento 714 puede retardar la señal que atraviesa la línea de transmisión, tal como se representa por la función

$$x_i(t) = a_i (a_{1,3} \cos(2\pi f_1 (t - \tau_i) + \theta_{1,3}) + a_{2,3} \cos(2\pi f_2 (t - \tau_i) + \theta_{2,3})),$$

donde la señal se ha retrasado por  $\tau_i = \frac{d_i}{(vf \times c)}$  para un factor de velocidad  $vf$  y la velocidad de la luz  $c$  y se ha atenuado por un factor de  $\alpha_i$  causado por las pérdidas en la línea de transmisión.

En los puntos  $pt_i$  que tienen discontinuidades no lineales, la señal compleja puede interactuar con las discontinuidades no lineales para generar productos de intermodulación representados por la función  $y_i(t) = b_{i,4} \cos(2\pi f_n (t - \tau_i) + \varphi_{i,4})$ , donde  $b_{i,4}$  es la amplitud del producto de intermodulación de orden *iésimo* asociado. Los productos de intermodulación pueden atravesar la línea de transmisión 716 en una dirección lejos del subsistema de aislamiento 714 y en una dirección hacia el subsistema de aislamiento 714. Los productos de intermodulación que atraviesan la línea de transmisión 716 en una dirección lejos del subsistema de aislamiento 714 pueden ser lo suficientemente pequeños para que otras señales transmitidas a través del sistema de telecomunicaciones 100 no se vean distorsionadas.

Los productos de intermodulación que atraviesan la línea de transmisión 716 en una dirección hacia el subsistema de aislamiento 714 se pueden combinar con el ruido adicional recibido por el sistema de telecomunicaciones 100. Los productos de intermodulación combinados con el ruido se pueden representar por la función

$$y_r(t) = \sum_{i=1}^P b_{i,3} \cos(2\pi f_n (t - 2\tau_i) + \varphi_{i,3}) + e_3(t),$$

donde  $e_3(t)$  es el ruido.

Los productos de intermodulación se pueden proporcionar a la ruta de enlace ascendente 106 a través del subsistema de aislamiento 714 y el amplificador de ruido bajo 718. Los productos de intermodulación a la salida de enlace ascendente del subsistema de aislamiento 714 se pueden representar por la función

$$y(t) = \sum_{i=1}^P b_{i,2} \cos(2\pi f_n (t - 2\tau_i) + \varphi_{i,2}) + d_{r,2} \cos(2\pi f_n t + \varphi_{r,2}) + e_2(t).$$

donde los términos  $b_{i,2}$  se asocian con las discontinuidades no lineales en el subsistema RF, el término  $d_{r,2}$  se asocia con la intermodulación generada en el amplificador de potencia 712 que no se elimina completamente por el subsistema de aislamiento 714, y  $e_2(t)$  es el ruido recibido.

Un módulo de conversión descendente 704 puede convertir la señal de enlace ascendente incluyendo los productos de intermodulación haciendo descender hasta una frecuencia intermedia ("IF"). El módulo de conversión descendente 704 puede incluir un filtro 720, un mezclador 722, un oscilador local 724, un filtro 726, y un convertidor analógico a digital 728. El convertidor analógico a digital 728 puede muestrear la señal de enlace ascendente incluyendo los productos de intermodulación. La salida del convertidor analógico a digital 728 se puede representar por la ecuación:

$$y[n] = \sum_{i=1}^p b_i \cos\left(2\pi \frac{f_n - f_{rx}}{f_s} n - 4\pi f_n \tau_i + \varphi_i\right) + d_{r,2} \cos\left(2\pi \frac{f_n - f_{rx}}{f_s} n + \varphi_r\right) + e_1[n]$$

Los tonos en la ecuación anterior pueden tener la misma frecuencia y pueden tener diferentes amplitudes, retrasos y fases.

5 El módulo de generación de señal de prueba 604 y el módulo de captura de datos 606 pueden tener un reloj común 730. El módulo de generación de señal de prueba 604 y el módulo de captura de datos 606 se pueden sincronizar a través del reloj 730. El módulo de generación de señal de prueba 604 y el módulo de captura de datos 606 pueden incluir búfers que tienen la misma longitud. El búfer para el módulo de generación de señal de prueba 604 que está emitiendo la muestra n puede corresponder al búfer del módulo de captura de datos 606 que está registrando muestra n.

15 El módulo de generación de señal de prueba 604 puede generar un conjunto de datos  $x[n]$  para accionar el convertidor digital a analógico 705. El conjunto de datos  $x[n]$  puede producir una señal analógica que se debe proporcionar a la ruta de enlace descendente. Un procesador 602, tal como un microprocesador o procesador de señal digital, puede cargar un búfer de reproducción del módulo de generación de señal de prueba 604 con un conjunto de datos de longitud  $L$ ,  $x[0], x[1], \dots, x[L-1]$ . El búfer de reproducción puede emitir valores de datos que comienzan con el valor  $x[0]$  y continúan hasta el valor  $x[L-1]$ . El búfer de reproducción puede repetir el conjunto de datos de tal manera que una secuencia periódica se genera con un período de  $L$  muestras.

20 Un búfer de captura del módulo de captura de datos 606 puede utilizar un promedio sincronizado para capturar los datos procedentes del convertidor analógico a digital 728. Los datos almacenados en el búfer de captura se pueden representar por la función

$$y_M[n] = \sum_{m=0}^{M-1} y[n+mL]$$

25 en la que  $M$  es el número de períodos sobre el que se toma la media. Utilizar el promedio sincronizado para cada período puede permitir que el subsistema de detección de intermodulación 103' distinga un componente de señal de un componente de ruido. Por ejemplo, conjunto de datos  $y[n] = x[n] + e[n]$  se puede componer de un componente de señal periódica  $x[n]$  y de un componente de ruido ergódico de media cero  $e[n]$  de tal manera que

$$y_M[n] = \sum_{m=0}^{M-1} (x[n+mL] + e[n+mL]) .$$

La naturaleza periódica del conjunto de datos  $x[n]$  puede permitir que el conjunto de datos  $y[n]$  sea representado por

35 la función  $y_M[n] = Mx[n] + \sum_{m=0}^{M-1} e[n+mL]$  de tal manera que el componente de la señal se incrementa en un factor de  $M$  y el componente de ruido no se incrementa por un factor de  $M$ . Para un componente de ruido ergódico, el conjunto de datos  $y_M[n]$  puede ser un estimador del conjunto de datos  $x[n]$ , como se ha demostrado por la función

$$\lim_{M \rightarrow \infty} \frac{1}{M} y_M[n] = x[n] + E\left\{ \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} e[n+mL] \right\} = x[n] + \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} E\{e[n+mL]\} = x[n]$$

40 donde  $E\{\}$  es un operador de expectativa. Los datos capturados en el búfer de captura pueden estar arbitrariamente cerca de la componente periódica de la señal promediando un número suficiente de períodos. Al promediar los períodos se puede permitir que el subsistema de detección de intermodulación 103' detecte los productos de intermodulación a pesar de la presencia de grandes cantidades de ruido en el sistema de telecomunicaciones 100.

45 Para detectar los productos de intermodulación, como los productos de intermodulación pasiva, en el sistema de telecomunicaciones 100, el búfer de reproducción del módulo de generación de señal de prueba 604 se puede cargar con dos tonos. Cualquier valor se puede utilizar para las respectivas fases  $\theta_1$  y  $\theta_2$  de los tonos. Para un valor cero de las fases  $\theta_1$  y  $\theta_2$ , los tonos se pueden cargar como un conjunto de datos  $x[n]$  representados por la función

$$x[n] = a_1 e^{\frac{2\pi}{L} k_1 n} + a_2 e^{\frac{2\pi}{L} k_2 n} .$$

Las amplitudes  $a_1$  y  $a_2$  se pueden establecer de forma que las amplitudes de los dos tonos a la salida del subsistema

de aislamiento 714,  $a_{1,3}$  y  $a_{2,3}$ , sean iguales.

El conjunto de datos muestreado por un búfer de captura promedio del módulo de captura de datos 606 se puede representar por la función

5

$$y[n] = \sum_{i=1}^p b_i \cos(2\pi \frac{f_n - f_{rx}}{f_s} n - 4\pi f_n \tau_i + \phi_i) + d_{r,2} \cos(2\pi \frac{f_n - f_{rx}}{f_s} n + \phi_r) + e_1[n].$$

La frecuencia de los tonos se puede representar por la función

10

$$f_n - f_{rx} = (f_{tx} - f_{rx}) + \frac{f_s}{L} \left( \frac{n+1}{2} k_1 - \frac{n-1}{2} k_2 \right).$$

Establecer el oscilador local 710, el oscilador local 724, y el convertidor analógico a digital 728 en una referencia común puede permitir que la diferencia de frecuencia entre el oscilador local 710 y el oscilador local 724 se

represente por la función  $f_{tx} - f_{rx} = \frac{f_s}{L} k_c$ , para algún entero  $k_c$ . La frecuencia de tono para esta condición se puede representar por la función

15

$$f_n - f_{rx} = \frac{f_s}{L} \left( k_c + \frac{n+1}{2} k_1 - \frac{n-1}{2} k_2 \right).$$

La frecuencia en radianes de los tonos se puede representar de este modo por la función

20

$$w_n = 2\pi \frac{f_n - f_{rx}}{f_s} = \frac{2\pi}{L} \left( k_c + \frac{n+1}{2} k_1 - \frac{n-1}{2} k_2 \right).$$

El conjunto de datos digitales capturado por el búfer de captura del módulo de captura de datos 606 se puede representar por la función

25

$$y[n] = \sum_{i=1}^p b_i \cos(w_n n - 4\pi f_n \tau_i + \phi_i) + d_{r,2} \cos(w_n n + \phi_r) + e_1[n].$$

El conjunto de datos digitales puede ser una combinación lineal de tonos que tienen la misma frecuencia de tal manera que las amplitudes individuales  $b_i$  no se determinan. La suma de múltiples tonos que tienen la misma frecuencia se puede representar por un solo tono de la misma frecuencia y ampliarse en amplitud y cambiarse de fase. Por lo tanto, el conjunto de datos digitales de prueba  $y[n]$  se puede representar como un solo tono en ruido gaussiano. El método de máxima probabilidad para la estimación de la amplitud de un tono en ruido gaussiano es correlacionar la señal con un tono complejo de la misma frecuencia. El método de máxima probabilidad se puede

30

representar por tanto como  $\hat{b} = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L-1} y[n] e^{jw_n n}$  donde  $\hat{b}$  representa la amplitud prevista del tono. Para un valor

35

de ruido suficientemente pequeño, la estadística de  $\hat{b}$  se puede representar por la función

$$\hat{b} = \sum_{n=0}^{L-1} b_i e^{j(4\pi f_n \tau_i + \phi_i)} + d_r e^{j\phi_r}. \text{ La estadística } \hat{b} \text{ se puede utilizar para determinar la presencia de productos}$$

de intermodulación mediante la comparación de la estadística  $\hat{b}$  con un umbral predefinido.

40

En aspectos adicionales o alternativos, el subsistema de detección de intermodulación 103' representado en la Figura 7 puede determinar la distancia desde el subsistema de aislamiento 714 y la intensidad de la señal para cada producto de intermodulación. La estadística  $\hat{b}$  se puede calcular a diferentes frecuencias de intermodulación  $f_n$ . Las frecuencias de intermodulación  $f_n$  se pueden representar como una función de los índices de frecuencia  $k_1$  y  $k_2$ ,

como se representa por la función  $f_n = f_{tx} + \frac{f_s}{L} \left( \frac{n+1}{2} k_1 - \frac{n-1}{2} k_2 \right)$  donde la frecuencia de intermodulación  $f_n$  es

una función lineal de  $k_1$  y  $k_2$ . Para las  $\psi_1$  y  $\psi_2$ , representadas por las ecuaciones  $\psi_{1,i} = \frac{2\pi f_s \tau_i}{L} (n+1)$  y

$\psi_{2,i} = \frac{2\pi f_s \tau_i}{L} (n-1)$ , la estadística  $\hat{b}$  se puede representar por la ecuación

$$\hat{b}[k_1, k_2] = \sum_{i=1}^P b_i e^{j(\psi_{1,i} k_1 + \psi_{2,i} k_2 + 4\pi f_s \tau_i + \phi_i)} + d_r e^{j\phi_r}.$$

5 Para un índice de frecuencia que es una constante y otro índice de frecuencia que es una variable, la estadística de prueba  $\hat{b}$  puede ser una combinación lineal de sinusoides complejas. Por lo tanto, las amplitudes  $b_i$  y las frecuencias  $\psi_1$  y  $\psi_2$  se pueden determinar a partir de la secuencia  $\hat{b}[k_1, k_2]$ . Los valores se pueden determinar utilizando cualquier técnica adecuada, tal como (pero sin limitarse) a la técnica de Fourier o "súper resolución", tal como MUSIC y ESPRIT. Los retrasos de tiempo asociados con los puntos de discontinuidad no lineales se pueden determinar a partir de una de las frecuencias  $\psi_1$  y  $\psi_2$  en función del índice de frecuencia variable para generar la secuencia estadística de prueba. Las amplitudes se pueden estimar a partir de la estadística de prueba utilizando los retardos de tiempo.

Detección pasiva de los productos de intermodulación

15 En aspectos adicionales o alternativos, un subsistema de detección de intermodulación 103" se puede configurar para realizar la detección pasiva de los productos de intermodulación. La Figura 8 representa un subsistema de detección de intermodulación 103" configurado para realizar la detección pasiva de los productos de intermodulación. El subsistema de detección de intermodulación 103" puede incluir el procesador 801, un módulo de modelado de intermodulación 802, un módulo de captura de enlace descendente 804, y un módulo de captura de enlace ascendente 806.

25 El módulo de captura de enlace descendente 804 se puede acoplar en comunicación con la ruta del enlace descendente 104 a través de un acoplador directivo 808. El módulo de captura de enlace descendente 804 puede convertir una señal analógica de enlace descendente acoplada de la ruta del enlace descendente 104 en un conjunto de datos digitales de enlace descendente que representan una señal de enlace descendente.

30 El módulo de modelado de intermodulación 802 puede aplicar una función no lineal para el conjunto de datos digitales de enlace descendente. La aplicación de la función no lineal para el conjunto de datos digitales de enlace descendente puede modelar el efecto de la señal de enlace descendente generando un producto de intermodulación en la ruta de enlace ascendente 106. La salida del módulo de modelado de intermodulación 802 puede ser un conjunto de datos digitales que representa un producto de intermodulación modelo.

35 El módulo de captura de enlace ascendente 806 se puede acoplar en comunicación a la ruta de enlace ascendente 106 a través del acoplador directivo 810. El módulo de captura de enlace ascendente 806 puede convertir una señal de enlace ascendente analógica acoplada de la ruta de enlace ascendente 106 en una señal de enlace ascendente digital. La salida del módulo de captura de enlace ascendente 806 puede ser un conjunto de datos digitales de enlace ascendente que representa una señal de enlace ascendente digital.

40 El conjunto de datos digitales de enlace ascendente del módulo de captura de enlace ascendente 806 y el conjunto de datos digitales que representa el producto de intermodulación modelo del módulo de modelado de intermodulación 802 se pueden proporcionar al procesador 801. El procesador 801 puede correlacionar de forma cruzada el conjunto de datos digitales de enlace ascendente y el conjunto de datos digitales que representa el producto de intermodulación modelo. El procesador 801 puede determinar que existe una correlación matemática entre el conjunto de datos digitales de enlace ascendente y el producto de intermodulación modelo, lo que indica la presencia y la potencia de señal de un producto de intermodulación en la ruta de enlace ascendente 106.

45 La Figura 9 representa esquemáticamente un ejemplo de un módulo de captura de enlace descendente 804 y un módulo de captura de enlace ascendente 806. El módulo de captura de enlace descendente 804 puede incluir el búfer de captura de enlace descendente 901 y el módulo de conversión descendente 902a. El módulo de conversión descendente 902a puede incluir un amplificador de ruido bajo 904a, un filtro 906a, un mezclador 908a, un oscilador local 910a, un filtro 912a, y un convertidor analógico a digital 914a. El módulo de captura de enlace ascendente 806 puede incluir el búfer de captura de enlace ascendente 903 y el módulo de conversión descendente 902b. El módulo de conversión descendente 902b puede incluir un amplificador de ruido bajo 904b, un filtro 906b, un mezclador 908b, un oscilador local 910b, un filtro 912b, y un convertidor analógico a digital 914a.

50 Una señal de enlace descendente y una señal de enlace ascendente se pueden separar y muestrearse de forma individual a través de acopladores direccionales 808, 810 acoplados a la ruta de enlace descendente 104 y a la ruta de enlace ascendente 106, respectivamente. Cada una de la señal de enlace descendente y de la señal de enlace ascendente acopladas, respectivamente, a la ruta de enlace descendente 104 y a la ruta de enlace ascendente 106 se pueden convertir haciéndose descender utilizando mezcladores 908a, 908a y osciladores locales 910a, 910b. Los

convertidores analógico a digital 914a, 914b pueden muestrear de forma síncrona la señal de enlace descendente y la señal de enlace ascendente. El búfer de captura de enlace descendente 901 puede almacenar la señal de enlace descendente muestreada. El búfer de captura de enlace ascendente 903 puede almacenar la señal de enlace ascendente muestreada. En algunos aspectos, los respectivos módulos de conversión descendente 902a, 902b para la señal de enlace descendente y la señal de enlace ascendente se pueden configurar de tal manera que toda la banda de frecuencias de enlace descendente y la banda de frecuencia de enlace ascendente se capturen. En otros aspectos, el módulo de conversión descendente 902a de la señal de enlace descendente se puede ajustar a una porción de la banda de frecuencia de enlace descendente que incluye señales que tienen una potencia de señal suficiente para producir productos de intermodulación en la banda de frecuencia de enlace ascendente. El módulo de conversión descendente 902b de la señal de enlace ascendente se puede ajustar a una porción de la banda de frecuencias de enlace ascendente en la que los productos de intermodulación pueden estar presentes.

La Figura 10 representa un ejemplo del módulo de modelado de intermodulación 802 de un subsistema de detección de intermodulación 103". El módulo de modelado de intermodulación 802 representado en la Figura 10 se puede acoplar comunicativamente a y procesar datos desde el búfer de captura de enlace descendente 901 y el búfer de captura de enlace ascendente 903 representados en la Figura 9. El módulo de modelado de intermodulación 802 representado en la Figura 10 puede incluir un módulo de conversión descendente compleja 1002, un módulo de interpolación 1004, un módulo de función no lineal 1006, un módulo de desplazamiento de frecuencia 1007, un módulo de diezmadador y un módulo de correlación cruzada.

El módulo de conversión descendente compleja 1002 puede convertir haciendo descender de forma compleja la señal de enlace descendente y la señal de enlace ascendente recibidas, respectivamente, desde el búfer de captura de enlace descendente 901 y del búfer de captura de enlace ascendente 903. El módulo de conversión descendente compleja 1002 puede incluir mezcladores 1014A, 1014b, un oscilador local 1016, y los filtros 1018a, 1018b. Una conversión descendente compleja de la señal de enlace descendente y de la señal de enlace ascendente puede centrar la señal de enlace descendente y la señal de enlace ascendente en cero y convertir, respectivamente, la señal de enlace descendente y la señal de enlace ascendente en una señal de enlace descendente compleja y una señal de enlace ascendente compleja.

El módulo de interpolación 1004 puede interpolar la señal de enlace descendente compleja por un factor de  $m$  de tal manera que una función no lineal aplicada por el módulo de función no lineal 1006 no causa solapamiento.

El módulo de función no lineal 1006 puede aplicar una función no lineal tal como  $y[n] = |x[n]|^m x[n]$ , que modela la modulación del orden  $m^{\text{ésimo}}$  que puede ocurrir como resultado de las discontinuidades no lineales en el sistema de telecomunicaciones 100.

El módulo de desplazamiento de frecuencia 1007 puede cambiar la frecuencia de la señal de enlace descendente compleja de tal manera que la intermodulación modelada por la función no lineal es la frecuencia alineado con los productos de intermodulación generados por el sistema de telecomunicaciones 100 que se incluyen en las señales de enlace ascendente que atraviesan la ruta de enlace ascendente 106. El módulo de desplazamiento de frecuencia 1007 puede incluir un mezclador 1008 y un oscilador local 1010.

El módulo de diezmadado 1012 puede diezmar la señal de enlace descendente compleja a una tasa de muestra original. El procesador 801 puede correlacionar de forma cruzada la señal de enlace descendente compleja con la señal de enlace ascendente compleja. La presencia de un producto de intermodulación en la señal de enlace ascendente compleja puede hacer que la señal de enlace descendente compleja se correlacione con la señal de enlace ascendente compleja, provocando de esta manera que la correlación cruzada tenga un máximo significativo. Un valor máximo de correlación cruzada puede indicar que un producto de intermodulación está presente y puede indicar la potencia de señal del producto de intermodulación.

La descripción precedente, incluyendo los ejemplos ilustrados, de la invención se ha presentado solamente con la finalidad de ilustrar y describir y no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a las formas precisas divulgadas. Numerosas modificaciones, adaptaciones, y usos de las mismas serán evidentes para los expertos en la materia sin apartarse del alcance de la presente invención. Aspectos y características de cada ejemplo divulgado se pueden combinar con cualquier otro ejemplo.

REIVINDICACIONES

1. Un subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103"), que comprende:

5 un módulo de generación de señal de prueba (304; 604) integrado en una unidad de un sistema de telecomunicaciones (100), en donde el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) está configurado para proporcionar una señal de prueba a una unidad de antena remota (208a;...; 208f) del sistema de telecomunicaciones (100), en donde el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) comprende:

10 una primera fuente de señal (306a) configurada para generar una primera componente de señal;  
 una fuente de segunda señal (306b) configurada para generar una segunda componente de señal;  
 un combinador (308) configurado para generar la señal de prueba mediante la combinación de la primera componente de señal y la segunda componente de señal; en donde el subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") comprende además

15 al menos un dispositivo de detección de intermodulación integrado en el sistema de telecomunicaciones (100), en donde el al menos un dispositivo de detección de intermodulación está configurado para detectar los productos de intermodulación generados mediante la mezcla de la primera componente de señal y la segunda componente de señal de la señal de prueba, en donde el al menos un dispositivo de detección de intermodulación está integrado en al menos una de las unidades de antenas remotas (208a;...; 208f) o en la unidad del sistema de telecomunicaciones (100); y

20 un controlador (302) integrado en la unidad del sistema de telecomunicaciones (100), en donde el controlador (302) está configurado para controlar el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) y el al menos un dispositivo de detección de intermodulación y en donde el controlador (302) está configurado además para seleccionar una primera frecuencia de la primera componente de señal y una segunda frecuencia de la segunda componente de señal de tal manera que la suma o la diferencia de la primera frecuencia y segunda frecuencia es una tercera frecuencia en una banda de frecuencia de enlace ascendente, **estando el subsistema de detección de intermodulación caracterizado por**

25 un escáner de frecuencia (414) configurado para detectar una señal extraña en un área de cobertura de la unidad de antena remota (208a;...; 208f), en donde el controlador (302) está configurado para seleccionar la primera frecuencia y la segunda frecuencia de tal manera que la tercera frecuencia es diferente de una frecuencia de la señal extraña.

35 2. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 1, que comprende además al menos un conmutador de prueba (312), el al menos un conmutador de prueba (312) configurado para acoplar selectivamente el al menos un dispositivo de detección de intermodulación a una ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b) del sistema de telecomunicaciones (100) o a una ruta de enlace ascendente (106; 106a; 106b) del sistema de telecomunicaciones (100).

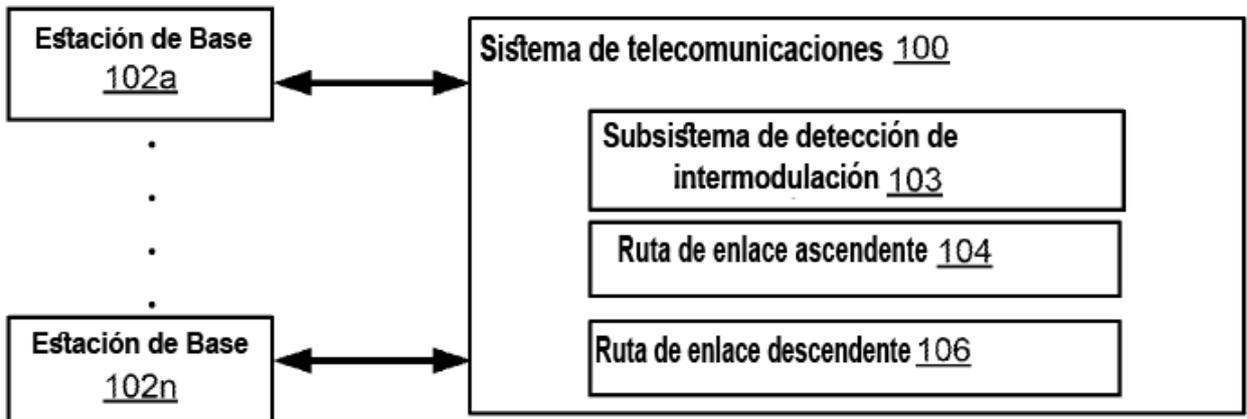
40 3. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 1, en el que el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) comprende un búfer de prueba acoplado comunicativamente a una ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b) del sistema de telecomunicaciones (100), el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) configurado para generar la señal de prueba utilizando un conjunto de datos digitales de prueba proporcionados por el controlador (302); en donde  
 45 el al menos un dispositivo de detección de intermodulación comprende un búfer de captura acoplado comunicativamente a una ruta de enlace ascendente (106; 106a; 106b) del sistema de telecomunicaciones (100), el búfer de captura configurado para generar un conjunto de datos digitales de enlace ascendente a partir de una señal de enlace ascendente que atraviesa la ruta de enlace ascendente (106; 106a; 106b); en donde  
 50 el controlador (302) está configurado para detectar un producto de intermodulación en la señal de enlace ascendente mediante la correlación de un producto de intermodulación modelo generado basado en el conjunto de datos digitales de prueba y en el conjunto de datos digitales de enlace ascendente del búfer de captura.

55 4. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 3, en el que el búfer de prueba y el búfer de captura están sincronizados con un reloj de referencia común.

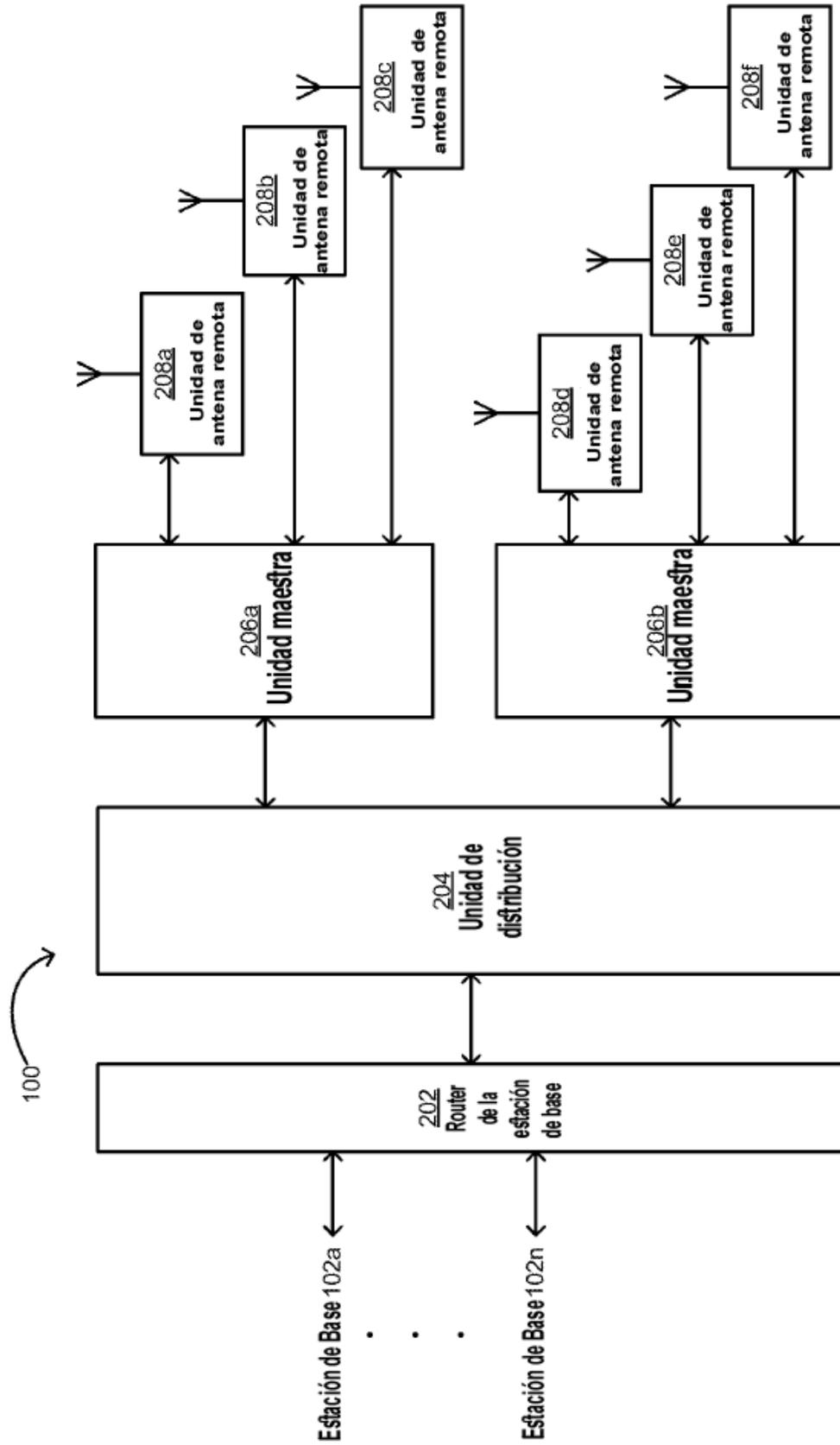
60 5. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 1, que comprende además:  
 un dispositivo de medición de potencia (510) integrado en la unidad de antena remota (208a;...; 208f), en donde el dispositivo de medición de potencia (510) está configurado para medir la potencia de los productos de intermodulación; en donde el controlador (302) está configurado además para controlar el dispositivo de medición de potencia (510).

65 6. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 1, que comprende además al menos un conmutador de ruta (310), el al menos un conmutador de ruta (310) configurado para acoplar selectivamente el módulo de generación de señal de prueba (304) a una de una pluralidad de rutas de enlace descendente (104a; 104b) del sistema de telecomunicaciones (100).

7. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 5, en el que el dispositivo de medición de potencia (510) comprende: al menos un filtro (508a;...; 508d) configurado para aislar los productos de intermodulación de la señal extraña; y un medidor de potencia configurado para medir la potencia de los productos de intermodulación.
- 5
8. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 1, que comprende además al menos un conmutador de terminación (314), el al menos un conmutador de terminación (314) configurado para acoplar selectivamente una ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b) del sistema de telecomunicaciones (100) a una carga de terminación o a una entrada de una estación base en comunicación con el sistema de telecomunicaciones (100).
- 10
9. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 1, en el que el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) comprende un primer búfer, el primer búfer acoplado comunicativamente a una ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b) del sistema de telecomunicaciones (100), estando el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) configurado para proporcionar la señal de prueba a la ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b) y en donde el subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") comprende
- 15
- un segundo búfer comunicativamente acoplado a una ruta de enlace ascendente (106; 106a; 106b) del sistema de telecomunicaciones (100), el segundo búfer configurado para generar un conjunto de datos digitales de enlace ascendente a partir de una señal de enlace ascendente que atraviesa la ruta de enlace ascendente (106; 106a; 106b); y
- 20
- un procesador (602; 801) acoplado comunicativamente al primer búfer y al segundo búfer, en donde el procesador (602; 801) está configurado para detectar un producto de intermodulación en una señal de enlace ascendente que atraviesa la ruta de enlace ascendente (106; 106a; 106b) mediante la correlación de un producto de intermodulación modelo y el conjunto de datos digitales de enlace ascendente del segundo búfer, en donde el producto de intermodulación modelo se genera basándose en un conjunto de datos digitales de prueba del primer búfer que representan la señal de prueba.
- 25
10. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 9, en el que el módulo de generación de señal de prueba (304; 604) comprende al menos uno de un búfer de reproducción periódica, un convertidor de señal digital a analógica, un módulo de conversión ascendente o un amplificador de potencia.
- 30
11. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 9, en el que el primer búfer y el segundo búfer están sincronizados de tal manera que el procesador (602; 801) está configurado para correlacionar los datos del primer búfer y los datos del segundo búfer mediante la correlación de producto de intermodulación modelo con el conjunto de datos digitales de enlace ascendente.
- 35
12. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 9, en el que el procesador (602; 801) está configurado además para determinar una distancia de una fuente de impedancia no lineal (608a) que genera el producto de intermodulación.
- 40
13. El subsistema de detección de intermodulación (103; 103'; 103") de la reivindicación 9, que comprende además:
- 45
- un módulo de captura de enlace descendente (804) acoplado comunicativamente a la ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b), el módulo de captura de enlace descendente (804) configurado para generar un conjunto de datos digitales de enlace descendente a partir de una señal de enlace descendente que atraviesa la ruta de enlace descendente (104; 104a; 104b); y un módulo de modelado de intermodulación (802) configurado para generar un producto de intermodulación adicional a partir del conjunto de datos digitales de enlace descendente; en donde
- 50
- el procesador (602; 801) está configurado además para detectar el producto de intermodulación adicional mediante la correlación del producto de intermodulación adicional y el conjunto de datos digitales de enlace ascendente.



**FIG. 1**



**FIG. 2**

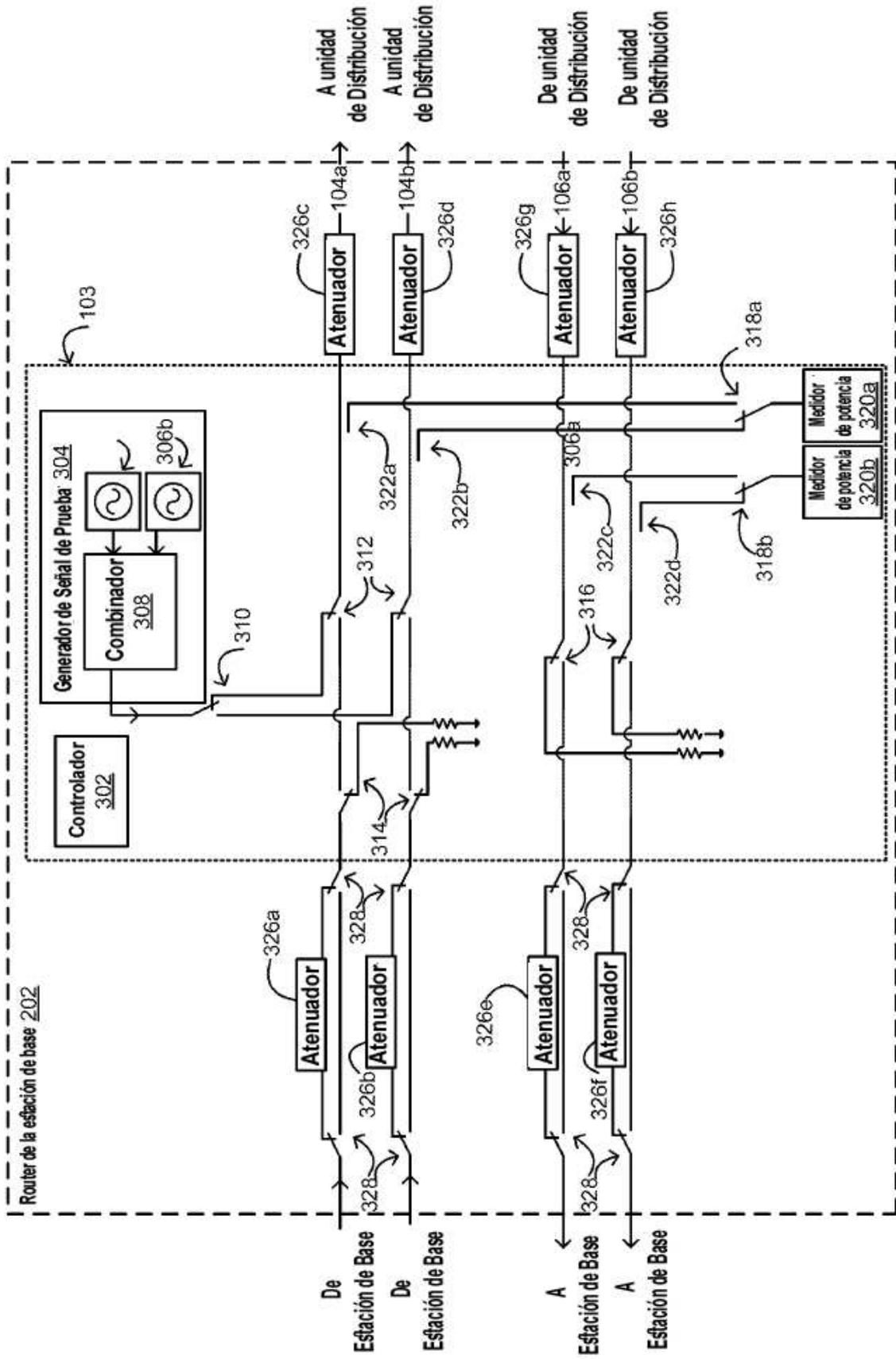


FIG. 3

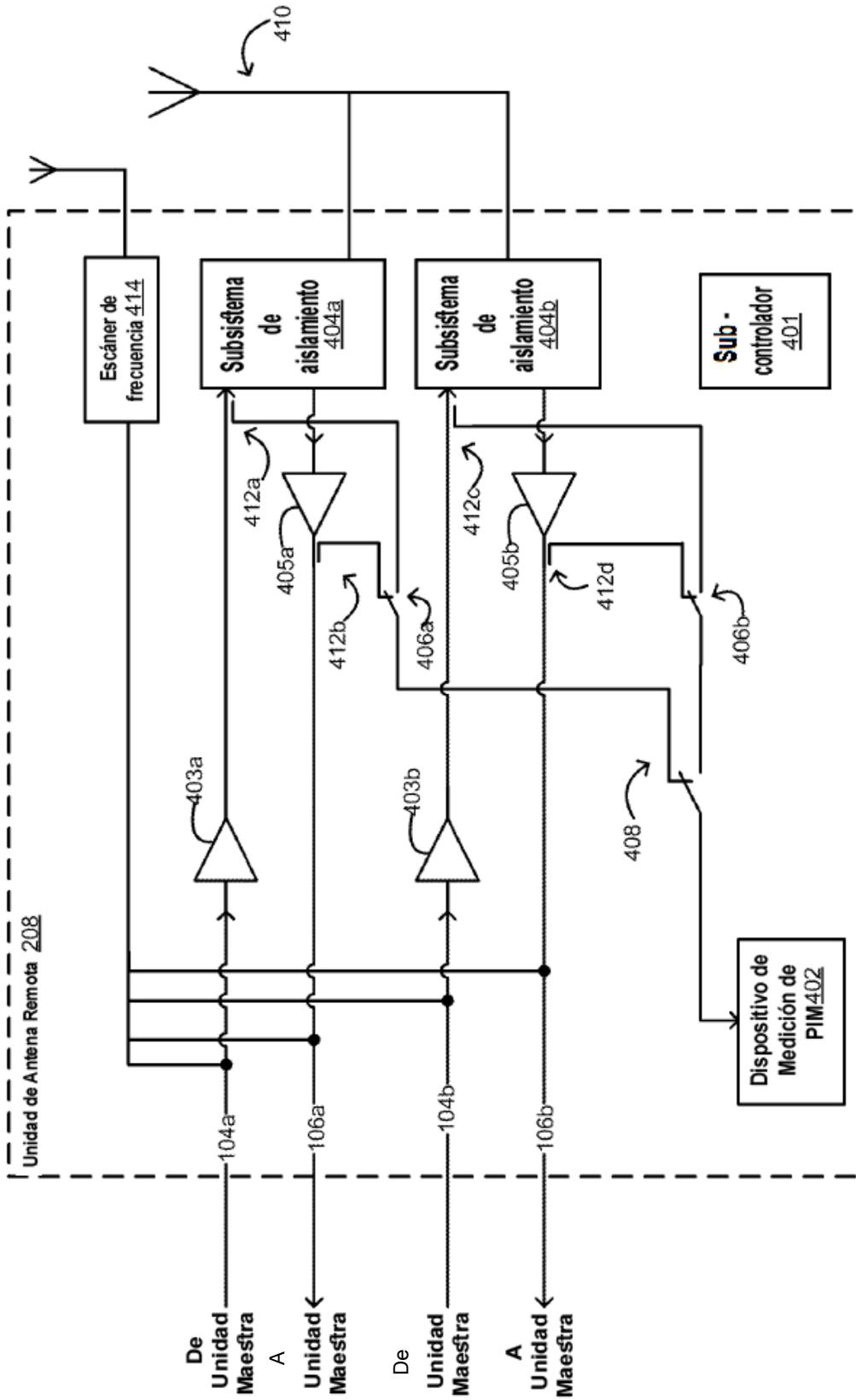
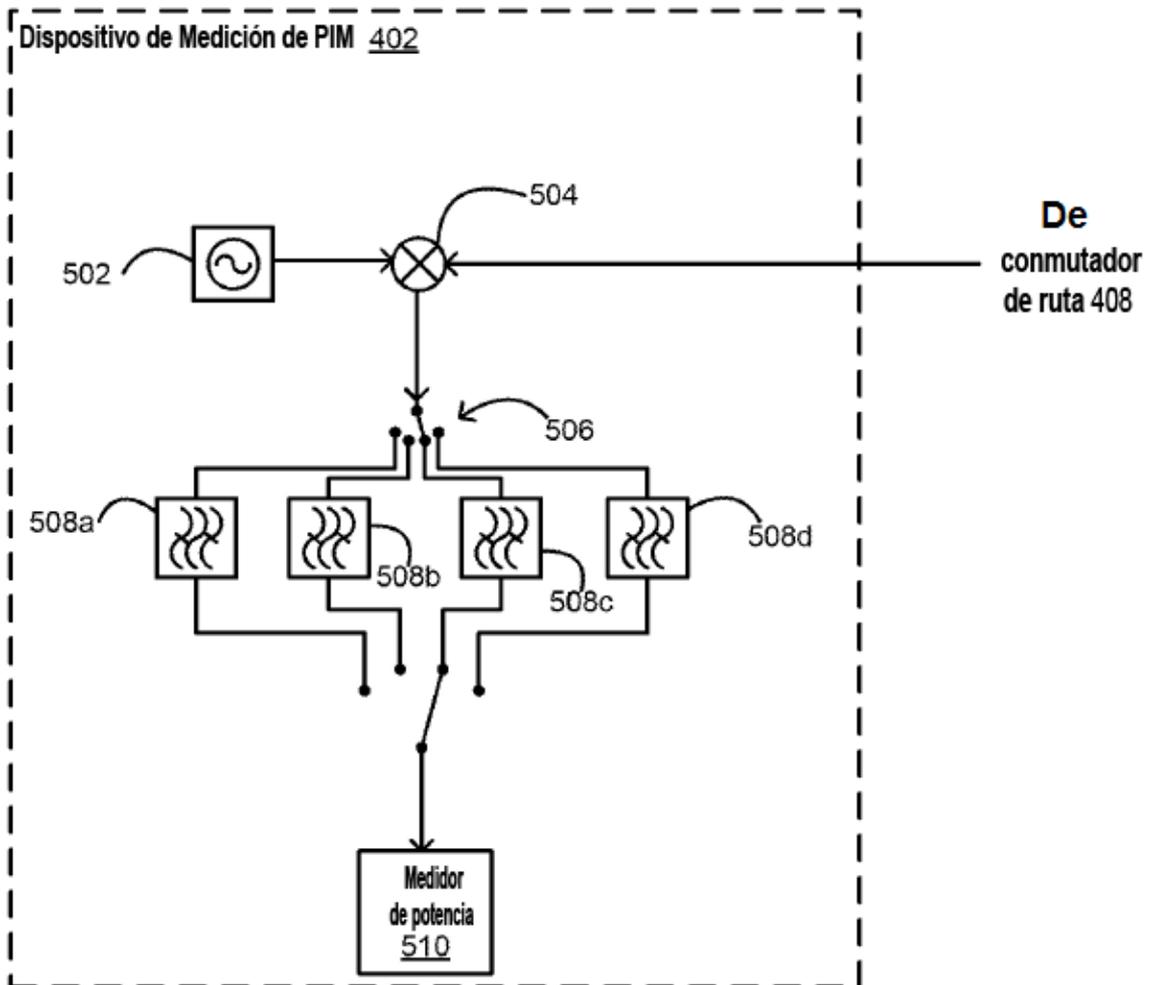
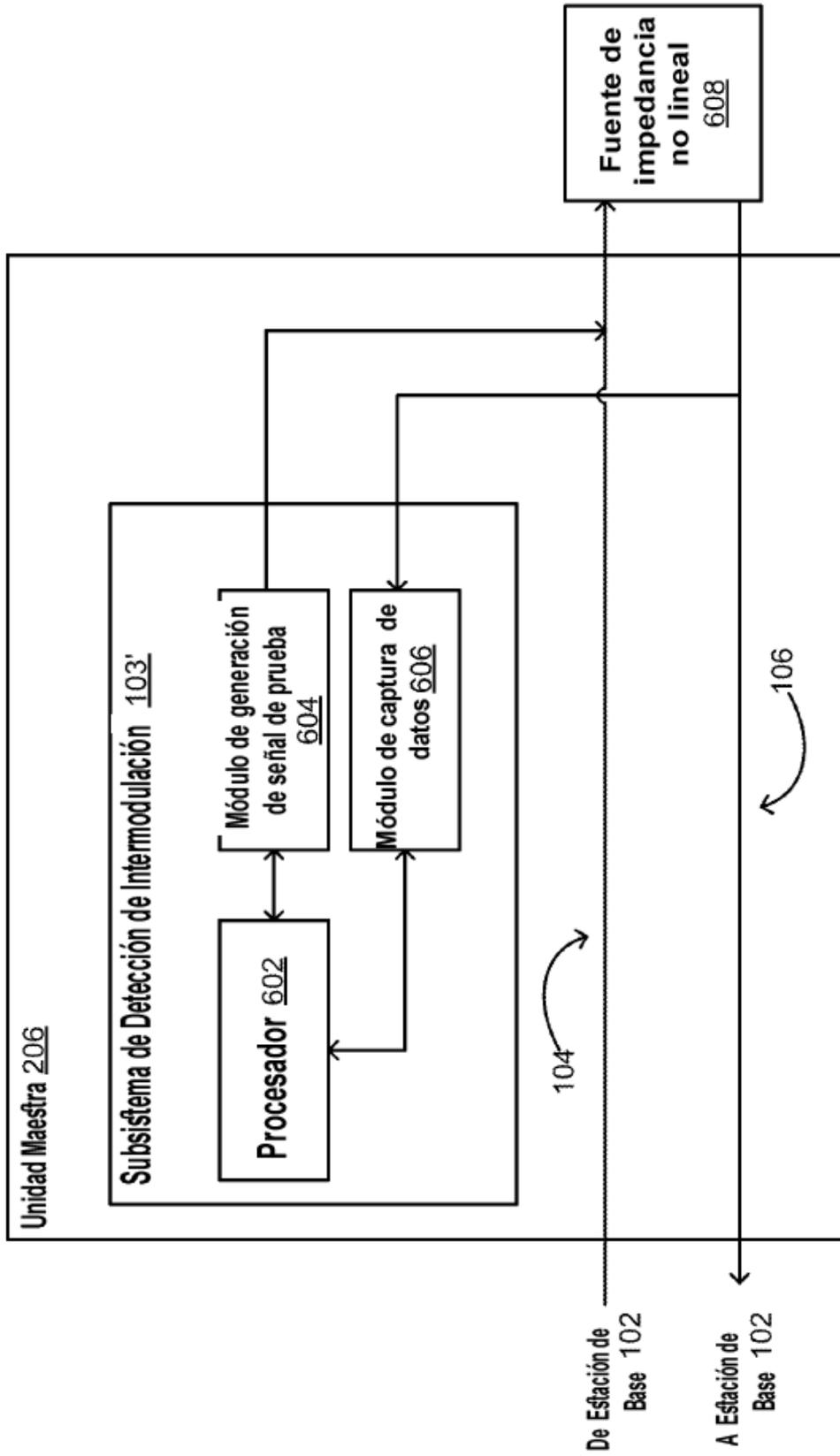


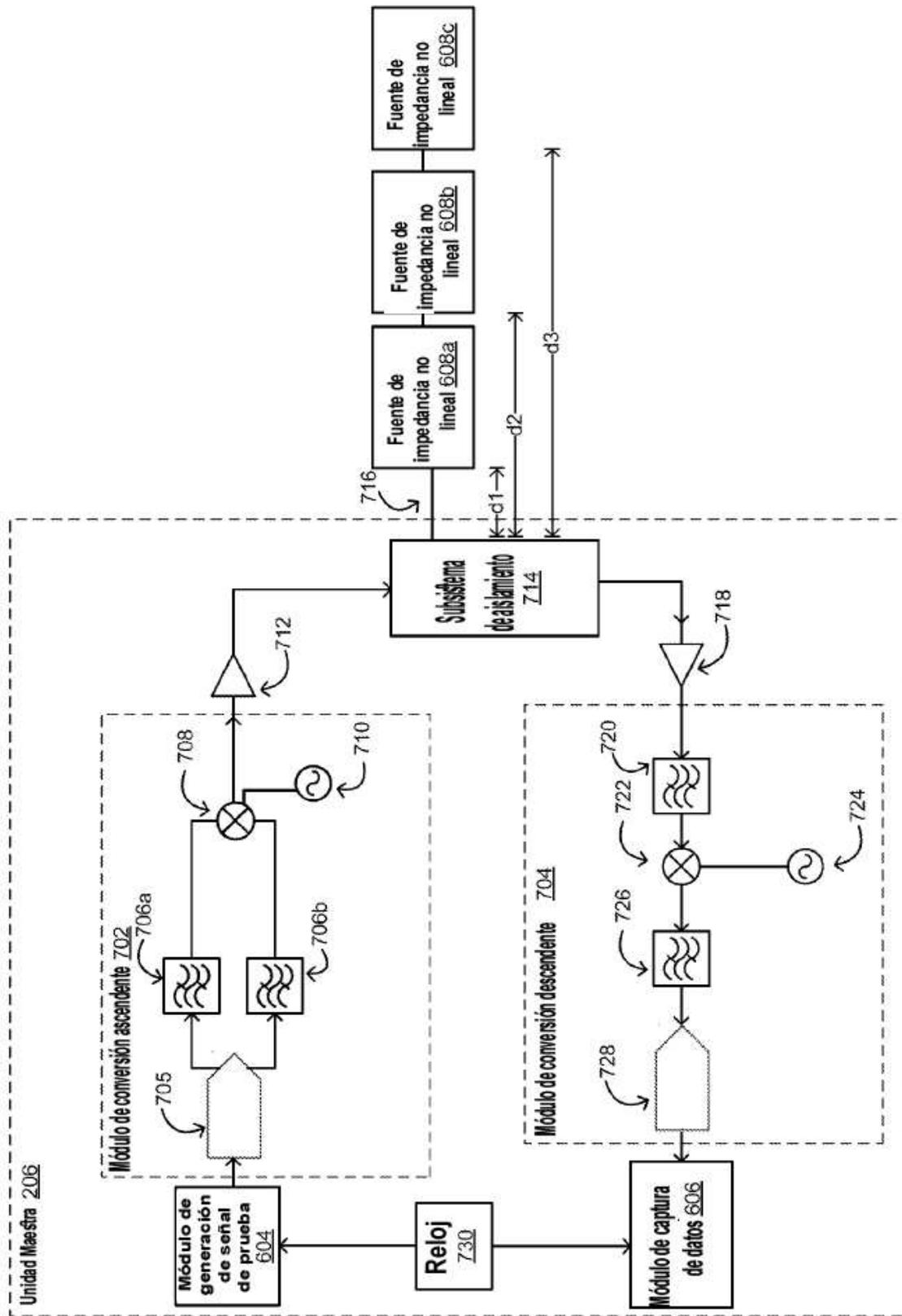
FIG. 4



**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**

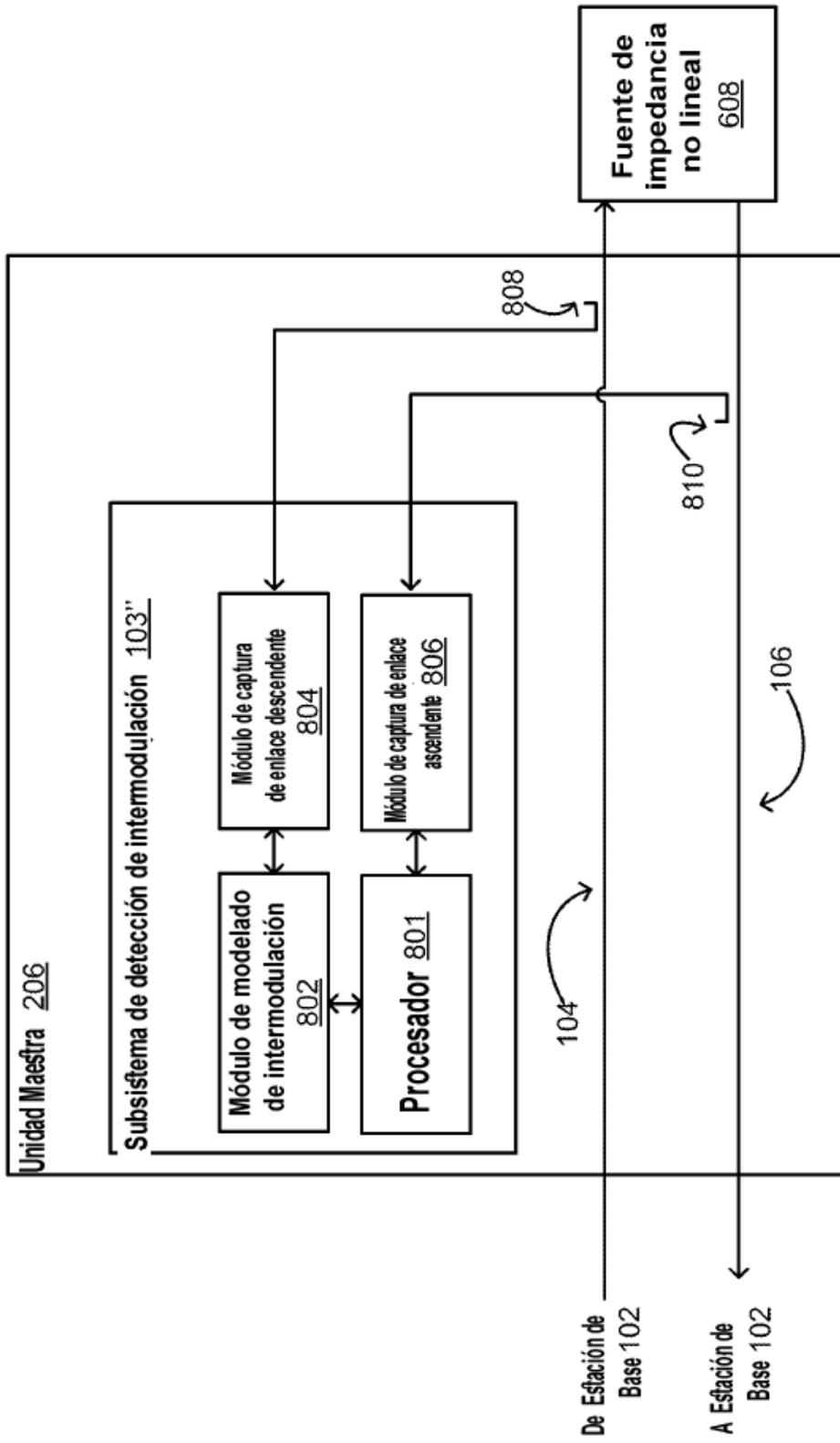
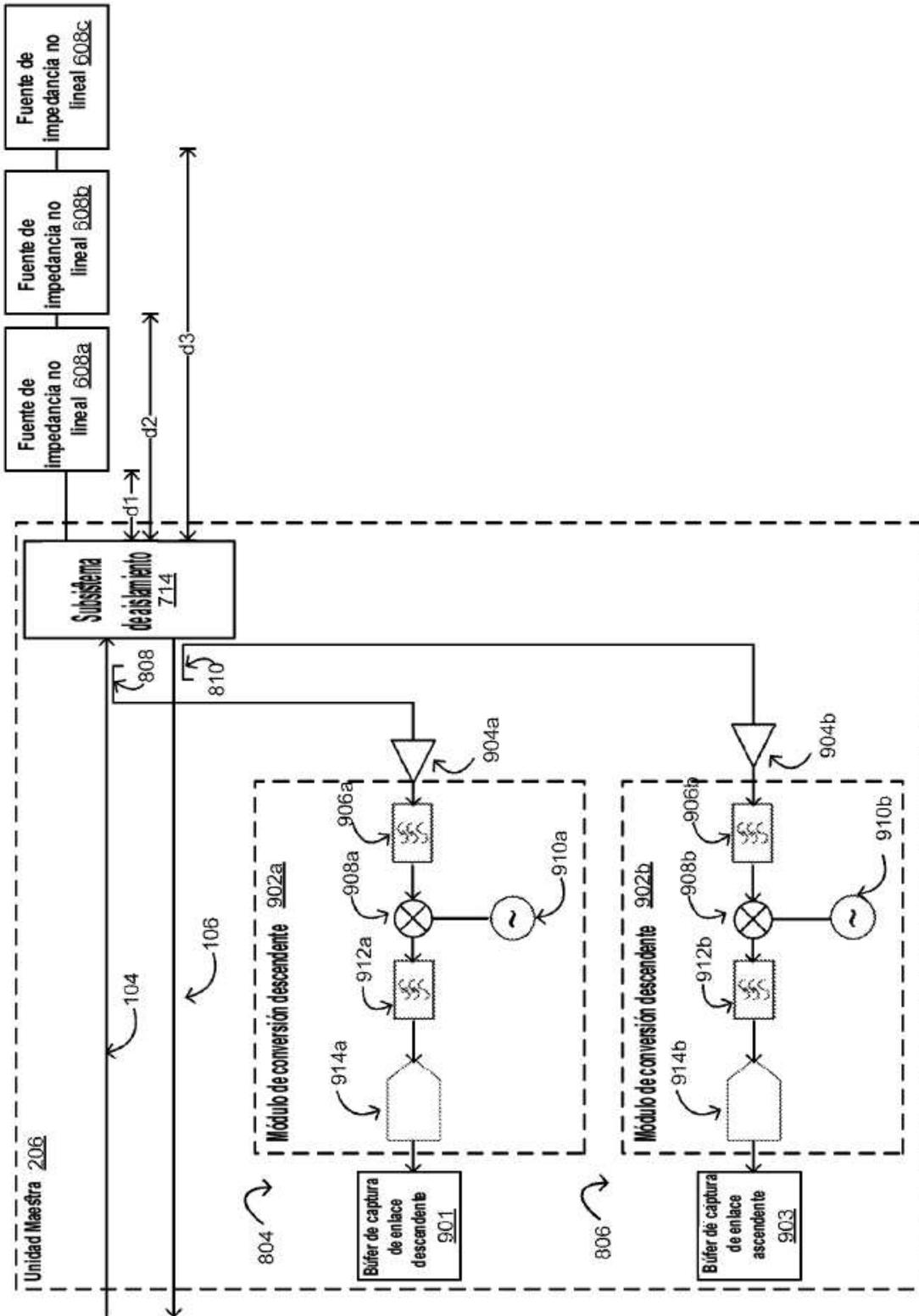
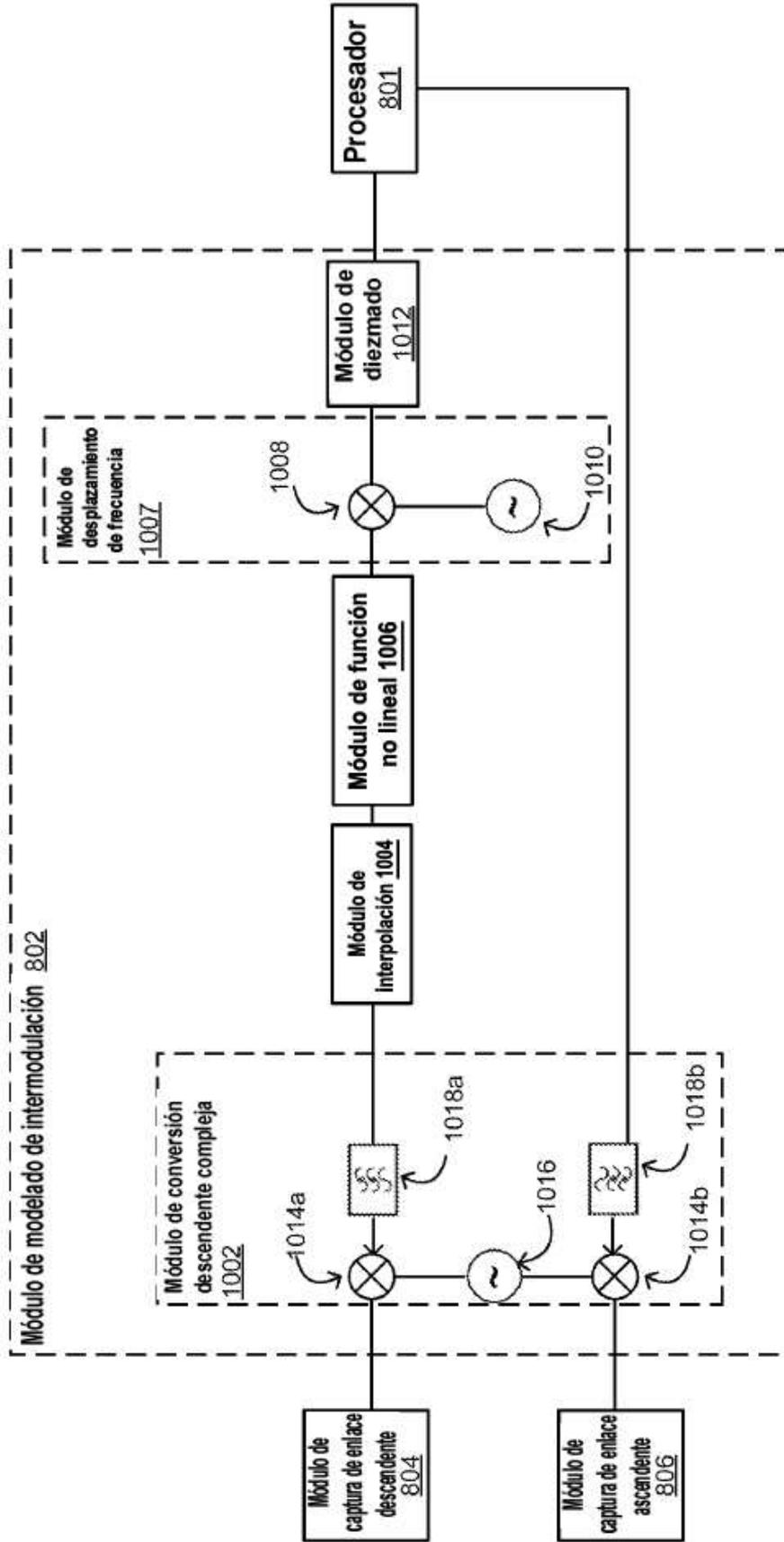


FIG. 8



**FIG. 9**



**FIG. 10**