

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 250**

51 Int. Cl.:

H04B 7/15 (2006.01)

H04B 7/155 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2004 E 04783394 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 1668781**

54 Título: **Unidad de refuerzo celular de corto alcance**

30 Prioridad:

03.09.2003 US 499693 P

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

09.07.2015

73 Titular/es:

**NEXTIVITY, INC. (100.0%)
12230 World Trade Drive, Suite 250
San Diego, CA 92128, US**

72 Inventor/es:

MOHEBBI, BEHZAD

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 540 250 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

Unidad de refuerzo celular de corto alcance

5 Antecedentes

Las redes celulares existentes, tal como el sistema global de comunicaciones móviles (GSM) e IS95, están previstas para proporcionar una cobertura transmisible y continua, de modo que soporten la elevada movilidad de terminales esperada en dichos sistemas. Sin embargo, a pesar de un cuidadoso diseño de la red, la cobertura en interiores (dentro de edificios), o la cobertura en lugares con elevada atenuación por sombra (por ejemplo túneles) de dichas redes frecuentemente "dispersa", con "agujeros de cobertura" en el mejor de los casos y nula cobertura en el peor. La razón para la desequilibrada cobertura interior es que las estaciones base celulares se sitúan normalmente fuera de los edificios, más altas que las alturas medias de los edificios, para proporcionar una gran área de cobertura. Aunque la señal pueda ser adecuada a "nivel de calle", quedará fuertemente atenuada por el material del edificio, reduciendo la potencia de la señal en el interior del edificio, dando como resultado la pobre cobertura. La pérdida de potencia de la señal (atenuación) depende del material del edificio y puede ser decenas de decibelios para cada traspaso de pared. El problema se agrava en los sistemas de la 3ª generación tales como el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA) y cdma2000, dado que estos sistemas tienen la capacidad de una transmisión de datos elevada, lo que da como resultado una energía por bit de información (E_b) más baja, y un balance del enlace y huella de la célula muy reducidos. Actualmente, las soluciones comunes para proporcionar cobertura interior son:

- I) Más estaciones base exteriores en la misma área geográfica, soportando tamaños de células más pequeños.
- II) Microcélulas.
- III) Picocélulas (células de interior de edificios).
- IV) Repetidores convencionales.

Claramente todas las soluciones anteriores (excepto la solución de repetidor) son muy caras e implican una inversión amplia en la infraestructura de la red celular y son mucho más complejas de planificar y de operación. Hay otras soluciones tales como repetidores que se pueden usar para reforzar la señal en un área geográfica dada.

La solución de repetidor, aunque más barata que una estación base, tiene varios inconvenientes. Estos repetidores exteriores son aún demasiado caros para un usuario privado, e implican una planificación cuidadosa. La mayor parte usan grandes antenas direccionales, o frecuencias de ida y retorno adicionales para reducir las especificaciones de ganancia de antena, lo que da como resultado una eficiencia espectral inferior y son de capacidad limitada. Los repetidores frecuentemente producen un incremento de interferencias en la red, dado que son dispositivos exteriores, similares a las estaciones base, y por ello no son populares como una solución viable para proporcionar una cobertura interior de alto rendimiento. Los repetidores interiores son aún más baratos que la versión exterior, pero típicamente implican la instalación de antenas altamente direccionales sobre el techo, y un aislamiento de la antena asegurado, creando un costoso requisito para una instalación y operación cualificadas. Por lo tanto, el sistema continúa siendo generalmente demasiado complicado para un usuario no cualificado y no es suficientemente barato para su uso en un área de cobertura muy localizada.

El documento WO 03/032524 A1 desvela un retransmisor de propagación, añadido a un recinto, que recibe una señal inalámbrica. La señal se envía desde una estación base a través de una frecuencia del enlace descendente. El retransmisor de propagación convierte la señal del enlace descendente y la transmite de modo inalámbrico, usando una frecuencia diferente, a los puertos de interfaz de la estación móvil situados dentro del recinto. Los puertos de interfaz de la estación móvil convierten la señal de vuelta a una frecuencia del enlace descendente y la envían, a través de un enlace inalámbrico, a las estaciones móviles en el interior del recinto. La comunicación desde las estaciones móviles a la estación base tiene lugar de la misma manera.

El documento de Shoemake M.B.: "Wi-Fi (IEEE 802.11b) and Bluetooth: Coexistence Issues and Solutions for the 2.4 GHz ISM Band", libro blanco de Texas Instruments, febrero de 2001, páginas 1-17, XP002242399 (D2) se refiere al sistema Bluetooth como sistema operativo en la banda ISM.

El documento US 2003/0104781 A1 se refiere a un sistema convertidor de frecuencia de radio residencial modular compuesto de dos repetidores modulares que comunican simultáneamente entre sí con bajas frecuencias de radio convertidas.

El documento US 2002/0045461 A1 se refiere a un sistema que opera para controlar adaptativamente el área de cobertura de un repetidor en una frecuencia. Primero las señales de RF recibidas desde un transceptor son detectadas usando un detector de banda ancha, convertidor de reducción a banda estrecha y detector, y estas señales detectadas son supervisadas por un microcontrolador. El microcontrolador funciona, bajo el control del software adecuado que implementa un Algoritmo de Control Adaptativo, para ajustar el ERP de las segundas señales de RF transmitidas al transceptor para de ese modo controlar el área de cobertura del repetidor, y mantener un nivel de potencia sustancialmente constante de las segundas señales de RF recibidas por el transceptor.

De ese modo, y de acuerdo con un aspecto, hay un problema para proporcionar un repetidor que medie en el tráfico entre un transceptor de red y un transceptor de usuario en un sistema de comunicaciones inalámbrico que sea fácil de usar y económico.

- 5 Este problema se resuelve por un repetidor que tenga las características desveladas en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

Sumario

10 De acuerdo con una realización de un dispositivo de comunicación, un repetidor media en el tráfico entre un transceptor de red y un transceptor de usuario en los sistemas de comunicaciones inalámbrico. El repetidor comprende una unidad de red que mantiene un enlace de red con el transceptor de red, una unidad de usuario que mantiene un enlace de usuario con el transceptor de usuario, una trayectoria de comunicación bidireccional entre la
15 unidad de red y la unidad de usuario; que facilita la comunicación de señales entre el transceptor de red y el transceptor de usuario en saltos de repetidor autónomos entre el transceptor de red y la unidad de red, entre el transceptor de usuario y la unidad de usuario y entre la unidad de red y la unidad de usuario, y un controlador de ganancia que compensa las pérdidas de propagación entre la unidad de red y la unidad de usuario por separado.

Breve descripción de los dibujos

20 Realizaciones de la invención que se refieren tanto a estructuras como métodos de operación, se pueden entender mejor por referencia a la descripción a continuación y a los dibujos adjuntos en los que:

25 La **FIGURA 1** es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de una red celular con dos estaciones base;

la **FIGURA 2** es un diagrama de bloques esquemático que representa una realización de una parte del enlace directo de un repetidor;

30 la **FIGURA 3** es un diagrama de bloques esquemático que muestra una realización de una parte del enlace inverso de un repetidor;

35 la **FIGURA 4** es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de un sistema que incluye una unidad de Red y una unidad de Usuario;

la **FIGURA 5** es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización de un sistema que incluye una unidad de Red que implementa diversidad de antenas;

40 la **FIGURA 6** es un diagrama de bloques esquemático que representa una realización de un repetidor que usa dos antenas para diversidad de antenas;

las **FIGURAS 7-11** son diagramas de flujo que representan realizaciones del flujo de operación del sistema para una unidad de red (**7-9**) y una unidad de usuario (**10-11**);

45 las **FIGURAS 12 y 13** son diagramas de bloque esquemáticos que muestran realizaciones de implementaciones del repetidor digital;

50 la **FIGURA 14** es un diagrama de bloques esquemático que muestra una realización de una implementación analógica de un repetidor espalda con espalda;

la **FIGURA 15** es un diagrama de bloques esquemático que muestra la realización de una implementación digital de un repetidor espalda con espalda;

55 la **FIGURA 16** es un diagrama de flujo que muestra una realización del flujo de operación de un repetidor espalda con espalda;

las **FIGURAS 17 y 18** son diagramas de bloques simplificados para ilustrar una operación de filtrado de canal;

60 las **FIGURAS 19-22** son diagramas de bloque esquemáticos que muestran otras realizaciones de repetidor.

Descripción detallada

65 El sistema desvelado en el presente documento proporciona una cobertura interior mejor, y localizada sin producir una interferencia excesiva en la red, el uso de un equipo costoso o planificación de la red. El sistema incrementa la capacidad global de la red, reduciendo la potencia de transmisión móvil y de la BTS, incrementando la vida útil de la batería y reduciendo la radiación "nociva" para el usuario.

Las descripciones de las realizaciones ilustradas se basan en una red GSM (Sistema Global para Comunicaciones), que es un sistema basado en TDMA operando en varias bandas del espectro, dependiendo de las regulaciones del país y región. Sin embargo, la divulgación, con modificaciones menores, es igualmente aplicable a cualquier otro sistema celular, incluyendo (pero sin limitarse a) IS95, cdma2000 y WCDMA, y sistemas LAN inalámbricos tales como 802.11a, b y g. Aunque las descripciones se dan para sistemas celulares, con modificaciones menores, se pueden aplicar igualmente a otros sistemas tales como GPS o cualquier otro sistema que posea una capacidad de refuerzo de la señal. La frecuencia de operación puede ser cualquier parte deseada del espectro de comunicaciones usada para comunicaciones móviles (por ejemplo PCS 1900, o DCS1800 o GSM900 o UMTS 2000, ISM o banda U-NII). La descripción en este caso solo se pretende como un ejemplo y como tal la utilización del reforzador no está limitada solamente a cobertura en el interior de edificios y se puede usar en otros lugares tales como trenes, aviones, coches, túneles, etc. También, el ejemplo puede no incluir todos los detalles minuciosos o no importantes del diseño. Las unidades y subunidades discutidas y explicadas en el presente documento a continuación cumplen con las regulaciones de la banda de operación con licencia y sin licencia respectivas. Por lo tanto, para las diferentes implementaciones de ejemplo y realizaciones desveladas, las especificaciones incluyen una máxima potencia de transmisión, máscara espectral, radiación fuera de banda y otras para transmisores, receptores, repetidores y reforzadores, y se adaptan tanto para las bandas de operación con licencia como sin licencia.

Ejemplo de implementación analógica

La Figura 1 muestra una red celular 100 con dos estaciones base (BTS1 (101) y BTS2 (102)). Una red típica soporta más de dos estaciones base. El sistema descrito se puede aplicar a cualquier tamaño de red, independientemente del número de estaciones base soportadas. La BTS1 101 se conecta al Controlador de Estación Base BSC1 107. La BTS2 102 se conecta al Controlador de Estación Base BSC2 108. La BTS2 102 se puede conectar también al controlador de estación base BSC1 107, en lugar de al BSC2 108. La BSC1 107 se conecta al Centro de Conmutación Móvil MSC 109. La BSC2 108 se conecta al MSC 109, o en su lugar puede conectarse a otro MSC en la red. El MSC 109 se conecta a la PSTN 110. La BTS1 101 tiene un área de cobertura asociada 103. La BTS2 102 tiene un área de cobertura asociada 104. Estas áreas de cobertura pueden o no solaparse. Sin embargo, normalmente la red se planifica de modo que hay un considerable solape, para facilitar los traspasos. El terminal móvil 105 está en el interior del edificio 106, en el área de cobertura 103 que comunica con la BTS1 101, usando un canal de tráfico transmitido a aproximadamente la frecuencia f_1 en el enlace directo y su frecuencia de enlace inverso asociada, f_1' . El canal de tráfico puede ser una de las ranuras de tiempo disponibles en la portadora BCCH, o puede ser una portadora TCH, en la que se pueden usar saltos de frecuencia para reducir la interferencia. El terminal móvil 105 puede o no estar en el área de cobertura 104, pero la unidad móvil 105 está claramente dentro del área de cobertura 103 y la potencia media de la señal desde la BTS1 101 es mucho más fuerte que la potencia media de la señal desde la BTS2 102, dentro del edificio 106, y la ubicación de la unidad móvil 105. El nivel de raíz cuadrática media (rms) de la señal \hat{S}_1 del enlace directo, fuera del edificio 106 es más alto que el nivel rms de la señal \hat{S}_2 del dentro del edificio por la pérdida α de penetración de pared. La pérdida α puede ser tal que \hat{S}_2 no esté a un nivel suficientemente alto para que la unidad de Usuario 105 mantenga una comunicación fiable con la BTS1 101 o la BTS2 102, o tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102. Adicionalmente, el nivel de la señal \hat{S}_2 puede ser tal que la unidad móvil 105 pueda tener dificultad para establecer y mantener un enlace de comunicaciones con la BTS1 101 o la BTS2 102, o tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102, o el enlace de comunicación no tiene el rendimiento y fiabilidad deseados, en todas o alguna de las áreas en el interior del edificio. El problema de cobertura en el interior del edificio 106 se puede resolver mediante una mayor potencia de transmisión desde la BTS1 101 en el enlace descendente para combatir la pérdida de señal, por la pérdida de penetración de pared, α . El nivel r.m.s. de la señal del enlace inverso \hat{S}'_1 , en el interior del edificio 106 es más alto que el nivel r.m.s. de la señal \hat{S}'_2 , en el exterior del edificio, por la pérdida de penetración de pared α' . La pérdida α' puede ser tal que \hat{S}'_2 no esté a un nivel suficientemente alto para que la unidad de Usuario 105 mantenga una comunicación fiable con la BTS1 101 o la BTS2 102, o tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102. Adicionalmente, el nivel de la señal \hat{S}'_2 puede ser tal que la unidad móvil 105 puede tener dificultad para establecer y mantener un enlace de comunicaciones con la BTS1 101 o la BTS2 102, o tanto con la BTS1 101 como con la BTS2 102, o el enlace de comunicaciones no tenga el rendimiento y fiabilidad deseados, en todas o algunas de las áreas del edificio. El problema de cobertura en el interior del edificio 106 se puede resolver con más potencia de transmisión desde la unidad móvil 105 en el enlace ascendente para combatir la pérdida de la señal, por la pérdida de penetración de pared, α' . Normalmente los pares de frecuencias del enlace directo e inverso están suficientemente próximas, de modo que el nivel α es sustancialmente similar al nivel α' .

La figura 2 representa una parte 230 del enlace directo del repetidor 200. La parte 230 del enlace directo en una forma simple suministra una cobertura interior mejorada mediante el refuerzo del nivel de la señal en el enlace directo de la red celular. La BTS1 213 tiene un canal de radio BCCH (canal de balizamiento) transmitido sustancialmente próximo a f_1 . La BTS1 213 está en comunicación con la unidad móvil 214 con la frecuencia sustancialmente próxima a f_1 (la frecuencia portadora BCCH) u otra frecuencia portadora, f_2 , que puede o no ser un salto de frecuencia. Puede haber o no otras frecuencias que se transmitan por la BTS1 213, u otras estaciones base en la misma área, que no se muestran en la figura 2.

El dispositivo tiene dos unidades separadas, la "Unidad de Red del enlace Directo" 201, que se coloca donde existe

buena cobertura de la señal, en el interior o en el exterior, y la "Unidad de Usuario del enlace Directo" 202, que se coloca donde no existe una buena señal de cobertura, en el interior o en el exterior. La unidad de Red del enlace Directo 201 se conecta a una antena 203, sintonizada para operar en la banda de frecuencias de operación de la red celular. La unidad de Red del enlace Directo 201 se conecta también a una antena 204 sintonizada para operar en
 5 unas bandas adecuadas de la Infraestructura de Información Nacional sin Licencia (conocida como U-NII), en la que el sistema se diseña para operar en bandas del espectro de U-NII. Sometido a las normativas aplicables, el sistema se puede diseñar también para operar en la banda de los Servicios de Comunicaciones Personales sin Licencia (U-PCS) o en bandas de frecuencia industriales, científicas y médicas (ISM). La elección de la frecuencia sin licencia depende del diseño del equipo y de la especificación del sistema. Las frecuencias definidas en la parte del espectro
 10 de radio conocido como bandas U-NII se pueden implementar en algunas realizaciones. Son útiles algunas modificaciones del diseño para una operación en la banda ISM. Las modificaciones se refieren al factor de dispersión mínimo de 10 especificado para la operación en la banda ISM, y la potencia de transmisión máxima permitida. Si el sistema se diseña para operar en la banda ISM, la señal puede usar modulación/demodulación de espectro disperso adicional y otras modificaciones para cumplir con las especificaciones del FCC 47 CFR Part-15,
 15 subparte E.

Las bandas de frecuencia definidas para la operación U-NII son las siguientes:

- 1) 5,15-5,25 GHz a una potencia máxima de transmisión de 2,5 mW/MHz
- 2) 5,25-5,35 GHz a una potencia máxima de transmisión de 12,5mW/MHz
- 3) 5,725-5,825 GHz a una potencia máxima de transmisión de 50 mW/MHz

Cualquier operación sin licencia en la banda U-NII está permitida siempre que las transmisiones de la señal cumplan con FCC 47 CFR Part-15. De ese modo la operación del reforzador descrito cumple generalmente con las normas de FCC 47 CFR Part-15 (subparte E para las frecuencias U-NII). La normativa comúnmente especifica la potencia de transmisión, los límites de emisión y los límites de ganancia de antena y se implementan para un dispositivo aceptable.

La "unidad de Usuario del enlace Directo" 202 se conecta a una antena 205 sintonizada para operar en la misma banda de frecuencias que la antena 204, que es la banda U-NII en algunas realizaciones. La Unidad de Usuario del enlace Directo 202 se conecta también a una antena 206 sintonizada para operar en la banda de operación de la red celular.

La antena 203 se conecta a una unidad LNA (Amplificador de Bajo Ruido) 207, que se conecta adicionalmente a un filtro paso banda 232. La unidad LNA 207 puede ser un amplificador de alto rendimiento, con una ganancia típica de 15 dB y un la cifra de ruido de 1,5 dB con suficiente ancho de banda para cubrir la parte apropiada del espectro. El filtro paso banda 232 se puede diseñar para pasar todo o la parte deseada del espectro celular de interés, o puede ser un banco de filtros paso banda solapados, que cubran el espectro completo del sistema celular de interés, con un conmutador de RF, de modo que se pueda seleccionar la banda deseada y el ancho de banda. El filtro paso banda 232 se conecta al convertidor de frecuencia 208. El convertidor de frecuencia 208 es capaz de convertir la banda del espectro de operación de la red celular a una parte deseable del espectro U-NII, e incluye componentes tales como mezcladores y filtros para una operación correcta. El convertidor de frecuencia 208 se conecta al transmisor de la unidad de Red del enlace Directo 209. La unidad transmisora 209 se diseña para operar en la banda U-NII y está de acuerdo con las regulaciones de FCC 47 CFR Part-15, subparte E, y puede ser tan simple como un único amplificador operando en la banda de operación U-NII deseable, o un transmisor más complejo con amplificadores y filtros, o incluso un transmisor WLAN tal como 802.11a. La unidad transmisora 209 se conecta a la antena 204.

La antena 205 se conecta al receptor 210 de la Unidad de Usuario del enlace Directo, que se diseña para recibir la señal transmitida por la unidad 201. El receptor 210 que se conecta al convertidor de frecuencia 211, puede ser tan simple como un LNA único operando en la banda U-NII deseable de operación del dispositivo, o puede estar mejor diseñado con funcionalidades adicionales tales como un atenuador variable y filtros de selección de canal variables, o incluso un receptor WLAN tal como 802.11a (en donde se usa la parte transmisora del 802.11a en la unidad de Red 209). La unidad de conversión de frecuencia 211, que se conecta a la unidad receptora 210 y la unidad amplificadora de ganancia variable 212, convierte las señales de entrada, desde la banda U-NII, a frecuencias de operación de la red celular, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una operación correcta. La unidad de conversión de frecuencia 211 realiza la operación de conversión opuesta a la de la unidad de conversión de frecuencia 208, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para la operación correcta. El convertidor de frecuencia 211 se conecta a un amplificador de Ganancia Variable (GV) 212, que opera en la banda de frecuencias de operación de la red celular. El amplificador de ganancia variable 212 se conecta a la antena 208. La antena 208 estará transmitiendo señales con frecuencias sustancialmente similares a las frecuencias transmitidas por la estación base 213, y cumple con las especificaciones del sistema celular.

La señal radiada por la antena 208, que es una versión repetida amplificada de la señal incidente *original* recibida por la unidad de antena 203, experimentará alguna pérdida en el nivel de potencia, antes de volver y *reintroducirse* en la antena 203 de nuevo. La señal *reintroducida* dentro de la antena 203 se denomina "Señal de Retorno del

Enlace Descendente" de aquí en adelante. La relación del valor r.m.s. de la Señal de Retorno del Enlace Descendente al valor r.m.s. de la señal incidente *original* en la salida del terminador de antena 203, con todos los retardos de trayectoria del sistema y de propagación entre las unidades de antena 208 y 203 suprimidos, es la pérdida de trayectoria de la Señal de Retorno del Enlace Descendente, y se denomina en el presente documento como la "Pérdida de Trayecto del Sistema del Enlace Descendente) y se designa como PL_{dl} .

Adicionalmente, la "Ganancia del Enlace del Sistema en el Enlace Descendente", que se denomina en el presente documento como G_{dl} , se define como "la relación del valor r.m.s. de la señal en la entrada al terminador de la antena 208, al valor r.m.s. de la señal, en el terminador de la antena 203, en donde la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , tal como se ha definido anteriormente, es infinita (es decir, ninguna trayectoria de acoplamiento EM entre la antena 208 y la antena 203), y todos los retardos de trayectoria del sistema y de propagación (desde la antena 203, a través del sistema hasta la antena 208) se han suprimido".

La ganancia de la unidad amplificadora de ganancia variable 212 se fija de modo que la Ganancia de Enlace del Sistema en el Enlace Descendente, G_{dl} , sea menor que la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , en dg_{dl} , de modo que evite un bucle "de realimentación positiva" en el sistema, es decir

$$G_{dl} = PL_{dl} - dg_{dl} \text{ (dB)}$$

Obsérvese que todos los valores de PL_{dl} , G_{dl} , y dg_{dl} , están todos en dB. El valor de dg_{dl} varía desde 0 a PL_{dl} , y se puede suponer que es de 3 dB para las finalidades de la descripción del presente documento. Sin embargo es posible seleccionar mejores valores para dg_{dl} , en donde el rendimiento del sistema se optimice adicionalmente.

La figura 3 representa la realización de la parte del enlace inverso 330 de un repetidor 300. La parte de enlace inverso 330 en una forma simple mejora la cobertura interior mediante el refuerzo del nivel de señal en el edificio en el enlace inverso de la red celular de modo que dicho nivel alcance un rendimiento del enlace aceptable. La BTS1 302 tiene un canal de radio BCCH (canal de balizamiento) transmitido sustancialmente próximo a f_1 , y un par de frecuencias, f_{11} en el enlace inverso. La BTS1 302 está en comunicación con la unidad móvil 324 a una frecuencia sustancialmente próxima a f_1 (la frecuencia portadora del BCCH) u otra frecuencia portadora, f_2 , que puede o no ser un salto de frecuencia. Puede haber o no otras frecuencias que se transmitan por la BTS1 302, u otras estaciones base en la misma área, que no se muestran en la figura 3.

El dispositivo tiene dos unidades separadas, la "Unidad de Red del enlace Inverso" 326, que se coloca donde existe buena cobertura de la señal, en el interior o en el exterior, y la "Unidad de Usuario del enlace Inverso" 328, que se coloca donde no existe una buena señal de cobertura, en el interior o en el exterior. La unidad de Red del enlace Inverso 326 se conecta a una antena 304, sintonizada para operar en la banda de frecuencias de operación de la red celular. La unidad de Red del enlace Inverso 326 se conecta también a una antena 312 sintonizada para operar en unas bandas adecuadas de la Infraestructura de Información Nacional sin Licencia (U-NII), en la que el sistema se diseña para operar en bandas del espectro de U-NII. Sometido a las normativas aplicables, el sistema se puede diseñar también para operar en la banda de los Servicios de Comunicaciones Personales sin Licencia (U-PCS) o en bandas de frecuencia industriales, científicas y médicas (ISM). La elección de la frecuencia sin licencia depende del diseño del equipo y de la especificación del sistema. Las frecuencias definidas en la parte del espectro de radio conocido como bandas U-NII se pueden usar en algunos diseños del sistema. Se usan algunas modificaciones del diseño para operación en la banda ISM. Las modificaciones se refieren al factor de dispersión mínimo de 10 usado para la operación de la banda ISM, y a la potencia de transmisión máxima permitida. Si el sistema se diseña para operar en la banda ISM, la señal puede usar modulación/demodulación de dispersión del espectro adicional y otras modificaciones para cumplir con las especificaciones del FCC 47 CFR Part-15, subparte E.

Las bandas de frecuencia definidas para la operación U-NII son las siguientes:

- 1) 5,15-5,25 GHz a una potencia máxima de transmisión de 2,5 mW/MHz
- 2) 5,25-5,35 GHz a una potencia máxima de transmisión de 12,5mW/MHz
- 3) 5,725-5,825 GHz a una potencia máxima de transmisión de 50 mW/MHz

Cualquier operación sin licencia en la banda U-NII está permitida, siempre que las transmisiones de la señal cumplan con FCC 47 CFR Part-15. La operación del reforzador ilustrativo cumple generalmente con las normas de FCC 47 CFR Part-15 (subparte E para las frecuencias U-NII).

La "Unidad de Usuario del enlace Inverso" 328 se conecta a una antena 314 sintonizada para operar en la misma banda de frecuencias que la antena 312, que es la banda U-NII por ejemplo. La unidad de Usuario del enlace Inverso 328 se conecta también a una antena 322 sintonizada para operar en la banda de operación de la red celular.

La antena 322 se conecta a una unidad LNA 320, que se conecta adicionalmente a un filtro paso banda 321. La unidad LNA 320 puede ser un amplificador de alto rendimiento, con una ganancia típica de 15 dB y un la cifra de ruido de 1,5 dB con suficiente ancho de banda para cubrir la parte apropiada del espectro. El filtro paso banda 321

se puede diseñar para pasar todo o la parte deseada del espectro celular, o puede ser un banco de filtros paso banda solapados, que cubran el espectro completo del sistema celular de interés, con un conmutador de RF, de modo que se pueda seleccionar la banda deseada y el ancho de banda. El filtro paso banda 321 se conecta al convertidor de frecuencia 318. El convertidor de frecuencia 318 es capaz de convertir la banda del espectro de operación de la red celular a una parte deseable del espectro U-NII, e incluye componentes tales como mezcladores y filtros para una operación correcta. El convertidor de frecuencia 318 se conecta al transmisor de la unidad de Usuario del enlace Inverso 316. La unidad transmisora 316 se diseña para operar en la banda U-NII y está de acuerdo con las regulaciones de FCC 47 CFR Part-15, subparte E, y puede ser tan simple como un único amplificador operando en la banda de operación U-NII deseable, o un transmisor más complejo con amplificadores y filtros, o incluso un transmisor WLAN tal como 802.11a. La unidad transmisora 316 se conecta a la antena 314. La parte deseada de la banda de operación U-NII para la parte del enlace inverso del reforzador es diferente a la parte deseada de la banda de operación U-NII para la parte del enlace Directo del reforzador, y suficientemente separada, de modo que no se experimente ninguna interferencia sustancial por la operación de un enlace, en el otro.

La antena 312 se conecta al receptor 310 de la unidad de Red del enlace Inverso, que se diseña para recibir la señal transmitida por la unidad 328. El receptor 310 que se conecta al convertidor de frecuencia 308, puede ser tan simple como un LNA único operando en la banda U-NII deseable de la frecuencia de operación del dispositivo, o puede estar mejor diseñado con funcionalidades adicionales tales como un atenuador variable y filtros de selección de canal variables, o incluso un receptor WLAN tal como 802.11a (en donde se usa la parte transmisora del 802.11a en la unidad de Usuario 316). La unidad de conversión de frecuencia 308, que se conecta a la unidad receptora 310 y la unidad amplificadora de ganancia variable 306, convierte las señales de entrada, desde la banda U-NII, a frecuencias de operación de la red celular, e incluye todos los componentes tales como mezcladores y filtros para una operación correcta. La unidad de conversión de frecuencia 308 realiza la operación de conversión opuesta de la unidad de conversión de frecuencia 318. El convertidor de frecuencia 308 se conecta a un amplificador de ganancia variable 306, que opera en la banda de frecuencia de operación de la red celular. El amplificador de ganancia variable 306 se conecta a la antena 304. La antena 304 estará transmitiendo señales con frecuencias sustancialmente similares a las frecuencias transmitidas por la unidad móvil 324.

La señal radiada por la antena 304, que es una versión repetida amplificada de la señal incidente *original* recibida por la unidad de antena 322, experimentará alguna pérdida en el nivel de potencia, antes de volver y *reintroducirse* en la antena 322 de nuevo. La señal *reintroducida* dentro de la antena 322 se denomina "Señal de Retorno del Enlace Ascendente" de aquí en adelante. La relación del valor r.m.s. de la Señal de Retorno del Enlace Ascendente al valor r.m.s. de la señal incidente *original*, en la salida del terminador de antena 322, con todos los retardos de trayectoria del sistema y de propagación entre las unidades de antena 304 y 322 suprimidos, es la pérdida de trayectoria de la Señal de Retorno del Enlace Ascendente, y se denomina en el presente documento como la "Pérdida de Trayecto del Sistema del Enlace Ascendente) y se denomina como PL_{ul} .

Adicionalmente, la "Ganancia del Enlace del Sistema Enlace Ascendente", que se denomina en el presente documento como G_{ul} , se define como "la relación del valor r.m.s. de la señal en la entrada al terminador de la antena 304, al valor r.m.s. de la señal, en el terminador del antena 322, en donde la Pérdida de Trayecto del Sistema de Enlace Ascendente, PL_{ul} , tal como se ha definido anteriormente, es infinita (es decir, ninguna trayectoria de acoplamiento EM entre la antena 304 y la antena 322), y todos los retardos de trayectoria del sistema y de propagación (desde la antena 322, a través del sistema hasta la antena 304) se han suprimido".

La ganancia de la unidad de amplificador de ganancia variable 306 se fija de modo que la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Ascendente, G_{ul} , sea menor que la Pérdida de Trayecto del Sistema del Enlace Ascendente, PL_{ul} , en dg_{ul} , de modo que evite un bucle "de realimentación positiva" en el sistema, es decir

$$G_{ul} = PL_{ul} - dg_{ul} \text{ (dB)}$$

Obsérvese que todos los valores de PL_{ul} , G_{ul} , y dg_{ul} , están todos en dB. El valor de dg_{ul} varía desde 0 a PL_{ul} , y se puede suponer que es de 3 dB para las finalidades de la descripción del presente documento. Sin embargo, es posible seleccionar mejores valores para dg_{ul} , en donde el rendimiento del sistema se optimice adicionalmente.

Normalmente los pares de frecuencia de los enlaces directo e inverso están suficientemente próximos, de modo que el nivel G_{ul} sea sustancialmente al nivel G_{dl} , y el nivel PL_{ul} sea sustancialmente similar al nivel PL_{dl} y el nivel dg_{ul} sea sustancialmente similar al nivel dg_{dl} .

El código de identidad de la unidad de reforzador único y opcionalmente la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular. La información se puede usar para localizar a un usuario en un entorno interior, por ejemplo mediante la generación de datos con bajas tasas de bits fuertemente codificados (protegidos), que contienen un preámbulo largo conocido, el código de identidad único, opcionalmente la longitud y latitud de la unidad de Red del Enlace inverso 326. La información se puede conformar en impulsos a continuación para baja fuga espectral y superponerse sobre la señal del enlace inverso de un canal dado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de Red del enlace inverso 326. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular en operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envoltura constante tal

como GMSK, se puede usar la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para sistemas CDMA con un control de potencia del enlace inverso rápido, se puede usar DBPSK como el esquema de modulación. La extracción de información desde la señal del canal recibida en la estación base puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no tienen efecto en la operación normal del enlace celular.

La Figura 4 muestra una realización de un sistema 500 que incluye una unidad de Red 502, junto con la unidad de Usuario 504 en el mismo diagrama. La unidad de Red del enlace Directo 514 (201 en la figura 2) y la unidad de Red del enlace Inverso 516 (326 en la figura 3) están ahora en una unidad, denominada en el presente documento a continuación como la unidad de Red 502. La unidad de Usuario del enlace Directo 518 (202 en la figura 2) y la unidad de Usuario del enlace Inverso 520 (328 en la figura 3) están ahora en una unidad de Usuario, denominada en el presente documento a continuación como la unidad de Usuario 504. En la figura 4, la antena transmisora/receptora 203 en la figura 2 y la antena transmisora/receptora 304 en la figura 3 se sustituyen por una única antena 506 y un filtro dúplex 528. La unidad de filtro dúplex 528 se diseña para un rendimiento óptimo, y cumple con las especificaciones para operación celular. También, la antena transmisora/receptora 204 en la figura 2 y la antena transmisora/receptora 312 en la figura 3 se sustituyen por una única antena 508 y el filtro dúplex 526. Adicionalmente, la antena transmisora/receptora 205 en la figura 2 y la antena transmisora/receptora 314 en la figura 3 son sustituidas por una única antena 510 y un filtro dúplex 524 en la figura 4. Igualmente, la antena transmisora/receptora 208 en la figura 2 y la antena transmisora/receptora 322 en la figura 3 son sustituidas por una única antena 512 y un filtro dúplex 522 en la figura 4. La unidad de filtro dúplex 522 se diseña para un rendimiento óptimo, y cumple con las especificaciones para operación celular. El sistema GSM es un sistema FDD, y como tal las frecuencias del enlace inverso son diferentes de las frecuencias del enlace directo. En dicho sistema, un filtro dúplex proporciona la funcionalidad apropiada. Sin embargo, si la unidad de Red 502 y la unidad de Usuario 504 se diseñan para un sistema TDD, los duplexores 528 y 522 pueden sustituirse por combinadores híbridos o "circuladores". Sin embargo, los duplexores 526 y 524 aún se usan, dado que las frecuencias del enlace directo y del enlace inverso en la banda U-NII se mantienen separadas (es decir FDD). Con modificaciones menores, es posible que, en lugar de las antenas 508 y 510, se use un cable coaxial (tal como RG58 o IS inch helicoidal) para conectar la unidad de Red 502 a la unidad de Usuario 504. En dicha disposición, cuando se usa un cable coaxial para la conexión del enlace, aunque aún es posible, la conversión hacia arriba de las bandas U-NII es superflua, y el sistema puede operar con las señales del enlace Directo e inverso mantenidas en sus frecuencias celulares originales.

El sistema de refuerzo descrito opera típicamente satisfactoriamente en escenarios limitados. Para asegurar la operación correcta del sistema de refuerzo en todas las condiciones de propagación y operación, se pueden incluir en el diseño del sistema varias características.

1. Dado que tanto la unidad de Red 502 como la unidad de Usuario 504 están la mayor parte del tiempo fijas relativamente entre sí, y posiblemente otros elementos de red tales como las estaciones base, se usa diversidad (espacial) de antenas para las operaciones de transmisión y recepción.

2. Las señales transmitidas por la antena 506, en el enlace inverso, están sustancialmente en la misma banda de frecuencias de operación que las señales del enlace inverso recibidas por la unidad de antena 512. Igualmente, las señales transmitidas por la antena 512, en el enlace directo, están sustancialmente en la misma banda de frecuencias de operación que las señales del enlace directo recibidas por la unidad de antena 506. Dado que las señales recibidas por la unidad de Red del enlace Directo 514 se transmiten a la unidad de Usuario del enlace Directo 518, a través de las unidades de antena 508 y 510, y adicionalmente, dado que la señal recibida por la unidad de Usuario del enlace Directo 518 se amplifica a continuación antes de la retransmisión a través de la unidad antena 512, existe un bucle de realimentación, a través de las antenas 512 y 506, entre las dos unidades de Red del enlace Directo 502 y la unidad de Usuario del enlace Directo 518. Cualquier ganancia en el bucle produce una "realimentación positiva", que da como resultado una operación inestable, un fenómeno que es también verdadero para operación del enlace inverso de la unidad de Red 502 y la unidad de Usuario 504. Para mantener los dos bucles de realimentación en una zona de operación estable, en el enlace directo la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Descendente, G_{dl} , es menor que la Pérdida de Trayecto del Sistema del Enlace Descendente, PL_{dl} , en dg_{dl} , de modo que evite un bucle de "realimentación positiva" en el sistema, es decir $G_{dl} = PL_{dl} - dg_{dl}$ (dB). Igualmente, en el enlace inverso, la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Ascendente, G_{ul} , es menor que la Pérdida de Trayecto del Sistema del Enlace Ascendente, PL_{ul} , en dg_{ul} , de modo que evite un bucle de "realimentación positiva" en el sistema, es decir $G_{ul} = PL_{ul} - dg_{ul}$ (dB). Las pérdidas de propagación, PL_{ul} y PL_{dl} , pueden deberse a sombras, distancia, patrones de radiación del antena y propagación multi-trayectoria si como pérdidas por penetración. Los niveles de estas pérdidas de propagación, PL_{ul} y PL_{dl} , no están fácilmente disponibles y son medidos.

3. Se supervisa la operación continua y correcta de la unidad de Red 502 y la unidad de Usuario 504. Cualquier problema operativo de la unidad de Red 502 o la unidad de Usuario 504 puede dar como resultado transmisiones no deseadas tanto en los enlaces directo como inverso (o en ambos). Adicionalmente, el sistema puede confiar en canales de radio que operan en bandas de frecuencia sin licencia, que son propensos a interferencias desde otros dispositivos sin licencia. También, se coordina la operación de la unidad de Red 502 y la unidad de Usuario 504. Por lo tanto, se inserta un canal de control-señalización entre las dos unidades de Red 502 y de Usuario 504.

4. Los osciladores locales de la unidad de red 502 y de la unidad de Usuario 504 son sustancialmente similares en frecuencia, dado que cualquier error en frecuencia grande entre las unidades de Red 502 y de Usuario 504 dará como resultado un rendimiento en el enlace celular inaceptable. En algunas realizaciones, se puede transmitir una señal piloto en un enlace de control desde la unidad de red 502 a la unidad de usuario 504 y usarse para sincronización de los osciladores locales de las dos unidades. En otros ejemplos, se puede usar la forma de onda de la fuente de alimentación eléctrica para sincronización de los osciladores locales en las dos unidades.

Características avanzadas

Las características avanzadas ilustrativas incluyen soluciones de diseño que son útiles para dar respuesta a los problemas enumerados.

La figura 5 muestra un sistema 600 que incluye una unidad de Red 602 (502 en la figura 4) con las nuevas características de diseño incluidas. Se usan dos antenas 610 y 608 para diversidad de antena, en lugar de una única antena 506 en la figura 4. También se usan dos antenas 636 y 638 para diversidad de antena, en lugar de una única antena 512 en la figura 4. Aunque se puede usar cualquier esquema de diversidad-combinación tal como Combinación de Relación Máxima, etc. para la cadena receptora, y esquemas de diversidad de transmisión tales como cambios de fase aleatorios en una o en ambas antenas para la cadena de transmisión, se sugiere en el presente documento un esquema simple que se base en una diversidad de antenas conmutadas con estrategia "de conmutación continua". La estrategia de conmutación continua, con la tasa de conmutación seleccionada para rendimiento óptimo (por ejemplo, en o al doble de la tasa de ranuras de tiempo GSM, que es de ~4,6 ms), se puede usar tanto para la operación de transmisión como de recepción, y dará como resultado una potencia de señal de transmisión/recepción media nominal, siempre que las antenas se coloquen suficientemente separadas. El esquema de diversidad de conmutación continua es también simple de implementar, usando solamente un conmutador de RF simple en los puertos de antena. Por lo tanto, el conmutador RF 612 conectado a las antenas 610 y 608 y el filtro dúplex 614 proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción celular de la unidad de Red 602. También el conmutador de RF 634, conectado a las antenas 636 y 638 y el filtro dúplex 634, proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción en la banda U-NII de la unidad de Red 602. El filtro dúplex 614 se conecta a la unidad de Red del enlace Directo 604 (514 en la figura 4), y la unidad de Red de enlace Inverso 606 (516 en la figura 4) a través del acoplador direccional 618. Los acopladores direccionales pueden ser acopladores direccionales de 17 dB. También, el filtro dúplex 634 se conecta a la unidad de Red de enlace Directo 604 a través del acoplador direccional 630, y la unidad de Red de enlace Inverso 606 a través del acoplador direccional 616. Es posible también usar combinadores híbridos en lugar de los acopladores direccionales 618, 630 y 616. Es posible también, y es más deseable, colocar el amplificador LNA interno de la unidad receptora de Red del enlace Inverso 310, antes del acoplador direccional 616 (o la sustitución del combinador híbrido) en el diagrama 600.

Se conecta una unidad generadora/transmisora de la señal de calibración 622 a la trayectoria transmisora del enlace inverso de la unidad de Red 602, a través del acoplador direccional 618. La unidad 622 proporcionará una señal de calibración, con los niveles de potencia deseados, que se usa para establecer el nivel de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , mencionado anteriormente, que existe entre la unidad de Red 602 (502 en la figura 4) y la unidad de Usuario 702 en la figura 6 (504 en la figura 4). La señal de calibración generada por la unidad 622 se transmite a través de las antenas en diversidad 610 y 608 en un nivel de transmisión fijado que está sustancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado desde la red celular (por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de la señal celular esperado mínimo). La señal de calibración generada por la unidad 622 es una señal de espectro disperso en secuencia directa modulada mediante un código pseudo aleatorio (PN) conocido con una fase de código conocida (denominada en el presente documento a continuación como fase de "código propio") y con una tasa de chips comparable a los anchos de banda de operación de los enlaces directo e inverso de la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 (en la figura 6). Las fases de código se seleccionan de modo que la diferencia de fase del código mínima sea mayor que el retardo de trayectoria esperado máximo (medido en múltiplos del número de chips), y posteriormente las fases de código deberían ser enteros múltiplos de la fase de código mínima. La unidad receptora de la señal de calibración 620 que se conecta a la trayectoria de recepción del enlace inverso de la unidad de Red 602, mediante el acoplador direccional 616, usando el código PN conocido y la fase de código transmitida es capaz entonces de detección y demodulación de la señal de calibración transmitida por la unidad 622, que ha entrado en la trayectoria del enlace inverso a través del mecanismo de bucle cerrado mencionado que existe entre la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 en la figura 6 (504 la figura 4). La unidad receptora y la señal de calibración 620 es capaz de establecer la intensidad de la señal recibida, que se usa entonces para estimar la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , que existe entre la unidad de Red 602 (502 en la figura 4) y la unidad Usuario 702 en la figura 6 (504 en la figura 4). La unidad receptora de la señal de calibración 620 incluye muchas subunidades, incluyendo un convertidor de frecuencia similar a la unidad de conversión de frecuencia 308 (en la figura 3), para devolver la señal de calibración, a su frecuencia de operación original. La fase del código PN se puede asignar de modo único, o extraerse de acuerdo con un algoritmo aleatorio, de modo que la probabilidad de que dos unidades tengan la misma fase de código pueda ser muy baja. Son posibles otras estrategias de asignación de desplazamientos de código, tales como asignación dinámica, en donde se selecciona un desplazamiento de código, si no se detectó dicho desplazamiento en esa área geográfica. La característica

permite que el receptor de la señal de calibración 620 sea capaz de escanear y recibir fases de "otros códigos", y por ello establecer si hay otro acoplamiento de señal a o desde otras unidades, que puedan estar operando en la misma área geográfica. Adicionalmente, se puede usar más de una fase de código, para establecer la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , de modo que la probabilidad de detección por otros sistemas se incremente. El código PN usado para la señal de calibración puede modularse con información acerca de la identidad de la unidad de Red 602. La frecuencia portadora de la señal de calibración transmitida puede estar en la banda de frecuencias de operación celular. Sin embargo, se pueden usar frecuencias portadoras en otras bandas, tal como la banda ISM a 2,4 GHz, para transmisión de la señal de calibración de modo que la señal portadora del generador y transmisor de la señal de calibración 622 se coloquen tan próximas como sea posible a la banda de frecuencia de operación. La tasa de chips y la potencia de transmisión del código PN de la señal de calibración se configuran de modo que la señal de calibración cumpla con las reglas del FCC 47 CFR Part-15. Aunque la banda ISM mencionada no sea la misma que la banda de operación celular, en cualquier caso, la banda está suficientemente próxima para permitir que el sistema establezca el acoplamiento de antena y las ganancias de enlace del sistema de enlace Ascendente y enlace Descendente, (G_{ul}, G_{dl}) , en la banda de operación celular (los valores de amplitud y fase instantáneas ya no son relevantes operando en la banda ISM). Cualquier diferencia de antena y propagación en la potencia de señal promedio entre las bandas de operación ISM y celular se puede investigar en la fase de diseño y tener en cuenta en el diseño del sistema final. La unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 622, y el receptor de la señal de calibración 620, están ambos en la unidad de Red 602, operando en la banda celular deseada. Sin embargo, una o ambas de las unidades que incluyen la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 622, y el receptor de la señal de calibración 620, pueden colocarse también en la unidad de Usuario 702, con ciertas modificaciones y consideraciones. En algunos casos, un mecanismo de calibración para el enlace directo, similar al descrito para el enlace inverso, incluye partes tales como la unidad 622, 618, 616 y 620, que se colocan en la unidad de Usuario 702.

Adicionalmente, se puede asumir que la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , y la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , son la misma, es decir $PL_{dl} \approx PL_{ul}$. La suposición permite que la medición solo de una de las entidades sea suficiente. La validez de la suposición puede investigarse para cada sistema, y debería permanecer verdadera si la separación de frecuencias entre los enlaces directo e inverso del sistema no es excesivamente alta. La suposición simplifica la descripción. Sin embargo, si no se realiza la suposición, se puede usar una técnica similar en el enlace directo de la unidad de Red 602, o unidad de Usuario 702 en la figura 6.

La ID del equipo y la unidad de frecuencia de referencia 624 generan básicamente una señal de Modulación por Desplazamiento de Fase Binario (BPSK), modulada por el número de ID del equipo y colocada en una parte adecuada de la banda U-NII, y se conecta en la trayectoria del transmisor del enlace directo de la unidad de Red 602 a través del acoplador direccional 630. La unidad se "enclava en frecuencia" con el oscilador local de la unidad de Red 602. La frecuencia portadora de la señal se selecciona para evitar una interferencia inaceptable con la señal celular principal en la trayectoria de transmisión del enlace directo de la unidad de Red 602, pero está suficientemente próxima para un ancho de banda de transmisión óptimo. En donde la unidad de Red 602 y la unidad Usuario 702 usan la alimentación eléctrica de distribución para su funcionamiento, las oscilaciones de la distribución de 60 Hz o 50 Hz pueden usarse para "enclavar" los osciladores locales de las dos unidades a una fuente de frecuencia común. Las oscilaciones de la distribución eléctrica de 60 Hz o 50 Hz se convierten, mediante los circuitos adecuados, a la frecuencia deseada para la operación de la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702.

La unidad de enlace de control 628 es un enlace de radio entre las dos, la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 en la figura 6. Puede ser un enlace propietario simple que opere en una de las bandas de frecuencia sin licencia, o puede ser una señalización de control en el interior de la banda, multiplexada con la trayectoria de señal celular. Puede ser también un enlace inalámbrico estándar tal como 802.11b, 802.11a o Bluetooth, diseñado para operar en la banda de frecuencias sin licencia. La unidad del enlace de control 628 se conecta a la unidad microcontroladora 626, y es capaz de comunicar a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 628 se conecta también a las antenas 644 y 642 para transmisión y recepción de señales de control. Si el ancho de banda de operación y las frecuencias lo permiten, con modificaciones menores para la unidad 602, las unidades de antena 636 y 638 se pueden usar también para la operación de la unidad de enlace de control 628. En algunas realizaciones, la unidad de Usuario 702 puede ser un dispositivo muy simple con todas las funcionalidades de procesamiento y control de señales soportadas en la unidad de Red 602. Si es así, el enlace de control se puede eliminar o puede implementar una señalización de control muy simple tal como tonos de frecuencia en la banda para fijar el ancho de banda del sistema y la ganancia en la unidad de Usuario 702. Suponiendo que el ancho de banda de la antena lo permita, con modificaciones menores en la unidad 602, las unidades de antena 636 y 638 se pueden usar también para las operaciones de la unidad del enlace de control 628.

La unidad microcontroladora 626 es un microprocesador simple tal como ARM7 o ARM9 con toda la memoria e interfaces apropiadas. La unidad microcontroladora 626 controla la operación de la unidad de Red 602, y puede realizar algún procesamiento y acondicionamiento adicional de señales tal como promediado y estimación del nivel de señal, donde sea útil. Algunas de las tareas de la unidad microcontroladora 626 son fijar el ancho de banda de operación y la ganancia de los enlaces directos e inversos de las unidades de Red 604 y 606, comunicar con y controlar la unidad de Usuario 702 en la figura 6, a través de la unidad de enlace de control 628, controlar y

comunicar con el generador y transmisor de la señal de calibración 622 y el receptor de la señal de calibración 620. Otras tareas del microcontrolador 626 se explican posteriormente a modo de ejemplo dados en las figuras 7, 8 y 9. La unidad microcontroladora 626 se conecta a las unidades 628, 622, 606, 604, 620 y 624.

- 5 Las unidades 628, 622, 606, 604, 620, 624, 602 están todas ellas conectadas a la unidad de oscilador local 640, y derivan su reloj y frecuencias de referencia de la señal del oscilador local 640.

Se conecta una unidad de interfaz de usuario 627 simple, que puede ser un teclado o un simple conjunto de interruptores, a la unidad microcontroladora 626.

- 10 La unidad de Red 602 tiene un "código de identidad" único, que se puede fijar mediante la unidad de interfaz de usuario 627, que es conocida para la unidad microcontrolador 626 y puede comunicarse a la unidad microcontroladora 728 de la unidad de Usuario 702, o cualesquiera otras unidades de usuarios que puedan estar dentro del alcance de operación de la unidad de Red 602.

- 15 La figura 6 muestra una realización de un repetidor 700 que incluye la unidad de usuario 702 (504 la figura 4) con las nuevas características de diseño incluidas. Se usan dos antenas 734 y 736 para diversidad de antena, en lugar de una única antena 512 en la figura 4. También, se usan dos antenas 704.706 para diversidad de antena, en lugar de una única antena 510 en la figura 4. Aunque se puede usar cualquier esquema de diversidad-combinación tal como Combinación de Relación Máxima, etc. para la cadena receptora, y esquemas de diversidad de transmisión tales como cambios de fase aleatorios en una o en ambas antenas para la cadena de transmisión, se sugiere en el presente documento un esquema simple que se base en una diversidad de antenas conmutadas con estrategia "de conmutación continua". La estrategia de conmutación continua, con la tasa de conmutación seleccionada para rendimiento óptimo (por ejemplo, en o al doble de la tasa de ranuras de tiempo GSM ~4,6 ms), se puede usar tanto para la operación de transmisión como de recepción, y dará como resultado una potencia de señal de transmisión/recepción media nominal, siempre que las antenas se coloquen suficientemente separadas. El esquema de diversidad de conmutación continua se puede implementar fácilmente usando un simple conmutador de RF en los puertos de antena. Por lo tanto, el conmutador RF 732 conectado a las antenas 734 y 736 y el filtro dúplex 730 proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción celular de la unidad de Usuario 702. También el conmutador de RF 712, conectado a las antenas 704 y 706 y el filtro dúplex 714, proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción en la banda U-NII de la unidad de Usuario 702. El filtro dúplex 712 se conecta a la unidad de Usuario del enlace Directo 724 (518 en la figura 4), a través del acoplador direccional 718, y la unidad de Usuario de enlace Inverso 726 (520 en la figura 4). También, el filtro dúplex 732 se conecta a la unidad de Usuario de enlace Directo 724, y la unidad de Usuario de enlace Inverso 726. Es posible también usar un combinador híbrido en lugar del acoplador direccional 718. Es posible también, y es más deseable, colocar el LNA interno del receptor 210 de la unidad de Usuario del enlace Directo 328, antes del acoplador direccional 718 (o la sustitución del combinador híbrido) en el diagrama 700.

- 40 La unidad receptora de la señal de referencia 716, que es capaz de recibir la señal transmitida generada por el ID del equipo y el generador de frecuencia de referencia 624 en la figura 5, se conecta al acoplador direccional 718. El receptor es capaz de extraer la frecuencia de referencia y el código de ID transmitido por el ID de equipo de la unidad de Red 602 y el generador de la frecuencia de referencia 624. La frecuencia de referencia extraída se usará a continuación para proporcionar un oscilador local de referencia 722, como señal de frecuencia de referencia. El acoplador direccional 718 se conecta a la unidad de Usuario del enlace Directo 724. La unidad de Usuario del enlace Inverso 726 se conecta a filtros dúplex 730 y 714. La señal de referencia y la unidad osciladora local 722 pueden basarse alternativamente en el oscilador de la unidad de enlace de control 720 si la unidad 726 es capaz de enclavar la frecuencia portadora de la señal recibida que se ha transmitido por la unidad de enlace de control 628 de la unidad de Red 602.

- 50 La unidad de enlace de control 720 es un enlace de radio entre las dos, la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702. Puede ser un enlace propietario simple que opere en una de las bandas de frecuencia sin licencia, o puede ser un enlace inalámbrico estándar tal como 802.11b, 802.11a o Bluetooth, diseñado para operar en la banda de frecuencias sin licencia. La unidad del enlace de control 720 se conecta a la unidad microcontroladora 728, y es capaz de comunicar a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 720 se conecta también a las antenas 708 y 710 para transmisión y recepción de señales de control. Obsérvese que suponiendo que el ancho de banda de operación y las frecuencias lo permiten, con modificaciones menores a la unidad 702, las unidades de antena 704 y 706 se pueden usar también para las operaciones de la unidad de enlace de control 720.

- 60 La unidad microcontroladora 728 es un microprocesador simple tal como ARM7 o ARM9 con toda la memoria e interfaces apropiadas. La unidad microcontroladora 728 controla la operación de la unidad de Usuario 702, y puede realizar algún procesamiento y acondicionamiento adicional de señales tal como promediado y estimación del nivel de señal, donde sea útil. Algunas de las tareas de la unidad microcontroladora 728 son fijar el ancho de banda de operación y la ganancia del enlace Directo e Inverso de las unidades de Usuario 724 y 726, comunicar con y controlar la unidad de Red 602 en la figura 5 a través de la unidad de enlace de control 720. Otras tareas del microcontrolador 728 se explican posteriormente a modo de ejemplo dados en las figuras 10 y 11. La unidad microcontroladora 728 se conecta a las unidades 720, 726, 724 y 722. La unidad microcontroladora 720 no es

65

estrictamente esencial dado que la unidad de control 626 puede realizar las tareas apropiadas en la unidad de Usuario 702 a través de las unidades de enlace de control 628 y 720 en base a un esquema simple de acuse de recibo.

5 Las unidades 720, 726, 724 y 728 están todas ellas conectadas a la unidad de oscilador local 722, y derivan su reloj y frecuencias de referencia de la señal del oscilador local 722.

10 Técnicas, tales como el uso de polarización vertical para las unidades de antena 610 y 608, y polarización horizontal para las antenas 734 y 736 pueden mejorar adicionalmente el rendimiento del sistema. Es posible también mejorar el rendimiento del sistema mediante el uso de antenas direccionales, como en los sistemas de reforzador y repetidores convencionales.

15 Se conecta una unidad de interfaz de usuario 721 simple, que puede ser un teclado o un simple conmutador, a la unidad microcontroladora 728.

20 La unidad de Usuario 702 tiene un "código de identidad" único, que se puede fijar mediante la unidad de interfaz de usuario 721, que es conocida para la unidad microcontroladora 728 y se puede comunicar a la unidad microcontroladora 626 de la unidad de Red 602, o cualesquiera otras unidades de Red que puedan estar dentro del alcance operativo de la unidad de Usuario 702.

25 El código de identidad único de la unidad de Red 602 y opcionalmente la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular. La información se puede usar para localizar a un usuario en un entorno interior, por ejemplo mediante la generación de unos datos altamente codificados (protegidos), de baja tasa de bits, que contengan un preámbulo conocido largo, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad de Red 602. La información puede ser conformada en impulsos para bajas fugas espectrales y superpuesta sobre la señal del enlace inverso de un canal dado mediante el esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de Red 602. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular en operación, por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envoltura constante tal como GMSK, se puede usar la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para sistemas CDMA con un control de potencia del enlace inverso rápido, se puede usar DBPSK como el esquema de modulación. La extracción de la información anteriormente mencionada desde la señal del canal recibida en la estación base puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no afectan a la operación normal del enlace celular.

35 Un ejemplo de la operación del sistema anterior se muestra en las figuras 7, 8, 9, 10 y 11. Las figuras 7, 8 y 9 son diagramas de flujo de operación del sistema para la unidad de Red 602 y las figuras 10 y 11 son los diagramas de flujo para la unidad de Usuario 702. Hay principalmente dos operaciones de flujo de control independientes que se ejecutan simultáneamente en el microcontrolador 626. El primer flujo de control es establecer la operación normal del reforzador, y el segundo para supervisar la operación correcta del enlace de control entre la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702. Con el "encendido" o "reposición" de la unidad de Red 602, la ganancia del amplificador de GV 306 se fija siempre al mínimo y se conmuta a "OFF". El sistema se dice que está "operativo" cuando el amplificador de GV 306 se conmuta a "ON", después del ajuste de ganancia correcto mediante la instrucción desde el microcontrolador 626. Con el "arranque" o "reposición" de la unidad de Red 602 (suponiendo que el "código de identidad" de la unidad de Usuario 702 de interés es conocido o previamente introducido en la unidad de Red 602 a través de la unidad de interfaz de usuario 627), la unidad microcontroladora 626 iniciará el flujo de control (etapa 802) en la figura 7. La unidad microcontrolador a 626 da instrucciones a la unidad de enlace de control 628 para establecer un enlace con la unidad de Usuario 702 (etapa 804). La unidad de enlace de control 628, usando los protocolos apropiados, continuará tratando de establecer un enlace de comunicaciones con la unidad de control 720 de la unidad de Usuario 702 hasta que dicho enlace se establezca (etapa 806). La unidad microcontroladora 626 seleccionará la banda de operación U-NII deseada (etapa 808) y dará instrucciones a la unidad receptora de la señal de calibración 620 para intentar recibir todos los desplazamientos de código posibles (etapa 8) en la banda de frecuencias, asegurando que ninguna otra trayectoria de señal desde otras unidades de Usuario están operativas en el área geográfica dirigida a la unidad de Red 602, y facilitando la selección de un desplazamiento de código y un canal de transmisión sin utilizar. Si existe una trayectoria de señal no intencionado entre la unidad de Red 602 y otras unidades de Usuario operativas (etapa 812), dependiendo de la severidad dla trayectoria de acoplamiento y de la densidad de las otras señales de calibración recibidas de "otras unidades", se pueden tomar diferentes acciones, después de una comparación de la SNR de la señal recibida con la SNR de umbral (SNR_{th}) (etapa 814);

60 1) Si la intensidad de la(s) señal(es) de calibración recibida(s) desde otras unidades de Usuario está por debajo del umbral (SNR_{th}), indicando NO interferencias con la operación de la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702, se selecciona una fase de código diferente apropiada, y el microcontrolador prosigue normalmente.

65 2) Si la intensidad de la(s) señal(es) de calibración recibida(s) desde otras unidades de Usuario está por encima del umbral (SNR_{th}), indicando interferencias con la operación de la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702, la unidad de Red 602 tratará de seleccionar otra banda de frecuencias de operación U-NII (etapa 816), y si se dispone de más bandas de operación U-NII, se repiten las etapas 808, 8, y 812 (etapa 816).

3) Si la intensidad de la(s) señal(es) de calibración recibida(s) desde otras unidades de Usuario está por encima del umbral (SNR_{th}), indicando interferencias con la operación de la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702, y no se pueden hallar frecuencias de operación U-NII nuevas limpias, la unidad de Red 602 enviará una señal de error apropiada (bloque 818) y dará instrucciones a la unidad de Usuario 720 para detener la operación (etapa 9), y la unidad de Red 602 detendrá la operación (etapa 822).

Después del establecimiento con éxito del enlace de control entre la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702, y la selección con éxito de una banda de operación U-NII, el flujo de control estaría en el punto "A" en la figura 7. El punto "A", mostrado en la figura 8, es la continuación del punto "A" en la figura 7. Con referencia a la figura 8, después del punto "A", la unidad de Red 602 seleccionará un desplazamiento de código sin usar (824), y comenzará la transmisión de la señal de calibración con el desplazamiento de código conocido, con la potencia de transmisión más baja posible (etapa 826). La tarea se realiza mediante una instrucción desde el microcontrolador 626 al generador de la señal de calibración y unidad transmisora 622. El microcontrolador 626 también dará instrucciones a la unidad receptora de la señal de calibración 620 para que trate de recibir la señal de calibración en busca del desplazamiento de código mencionado anteriormente, usado por la unidad transmisora 622 (bloque 828). La unidad de Red 602 da instrucciones a la unidad de Usuario 702, a través del enlace de control 628, para comenzar la operación, con las potencias de transmisor posibles mínimas para las unidades de Usuario 726 y 724 respectivamente en el enlace Inverso y enlace Directo (etapa 830). Si no se detecta ninguna señal con la intensidad deseada por el receptor 620 (etapa 832), y no se ha alcanzado la potencia de transmisión máxima de la unidad transmisora 622 (etapa 834), la unidad microcontroladora 626 dará instrucciones a la unidad transmisora 622 para incrementar la potencia de la señal transmitida en un tamaño de salto predeterminado, dG , (etapa 836). La operación continúa hasta que se detecta una señal en la salida del receptor 620, o hasta el establecimiento de que no se puede detectar ninguna señal incluso con la máxima potencia de transmisión de la unidad transmisora 622. Entonces, la unidad de Red 602 es capaz de calcular la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , y de ahí la Ganancia del Enlace del Sistema en el Enlace Ascendente, G_{ul} , y en consecuencia, suministra la potencia de transmisión apropiada de la unidad de Red en el enlace Inverso 606 (etapa 838). Suponiendo que la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , y la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , sean iguales, es decir $PL_{dl} \approx PL_{ul}$, se puede calcular la ganancia máxima del amplificador transmisor 212 de la unidad de Usuario 724 en el enlace Directo (etapa 838) y enviarse a la unidad de Usuario 702, a través de la unidad del enlace de control 628 (etapa 840). Después del establecimiento de la ganancia del sistema, el microcontrolador 626, a través de la unidad de control de enlace 628, informa a la unidad de Usuario 702 del ajuste correcto de la ganancia del amplificador 212 (bloque 840). Después de la finalización de la calibración del sistema (etapas 804 a 840), el microcontrolador 626 fija al amplificador 306 en la ganancia correcta para la transmisión (etapa 842) y da instrucciones a la unidad Usuario 702 para comenzar la operación con el ajuste de ganancia del amplificador 212 establecida (bloque 844). El receptor de la señal de calibración 620 continúa recibiendo la señal transmitida por el transmisor de señal de calibración 622 (etapa 846). Si se supera nivel de potencia de señal promedio de seguridad durante una cantidad de tiempo sustancial (etapa 848), el microcontrolador 626 dará instrucciones a la unidad de Usuario 702, a través de la unidad del enlace de control 628, para detener la operación (etapa 850), y también la Red 602 detendrá la transmisión de señales por la unidad de Red en el enlace Inverso 606 (etapa 852), y se repetirán las etapas 802 y 844 del sistema. Si el nivel de potencia de señal promedio está dentro del intervalo esperado, el receptor de la señal de calibración 620 es instruido para recibir y detectar señales con todos los desplazamientos de código posibles (etapa 856). Si no se detecta ninguna señal con el nivel de potencia de señal promedio sustancial, la unidad de Red 602 volverá a la etapa 846. Si se detecta una señal con el nivel de potencia de señal promedio sustancial, la unidad de Red 602 irá a la etapa 850. Para acelerar la búsqueda y detección de otros desplazamientos de códigos, es posible tener también dos (o más) réplicas del receptor de la señal de calibración 620, de modo que la detección del "código propio" puede ser continua y sin interrupción, mientras otras réplicas del receptor puedan escanear los desplazamientos de "otros códigos".

La segunda operación de control de flujo comienza después de la etapa 806, y se muestra en la figura 9. La segunda operación comprueba la calidad y rendimiento de la operación de los enlaces de control de las unidades de control 628 y 720, mediante la supervisión de cantidades como BER, SNR, ruido de fondo e interferencias (etapa 860). Si la operación del enlace no es satisfactoria (etapa 862), se indica una señal de error (etapa 864), se detienen todas las transmisiones en el enlace celular directo e inverso, de la unidad de Red 602 (etapa 866), y la unidad de Usuario 702 es instruida para detener la operación (etapa 868), y finalmente la unidad de Red 602 volverá a la etapa 802 (etapa 870).

Las figuras 10 y 11 son diagramas de flujo de operación del sistema para la unidad de Usuario 702. Hay principalmente dos operaciones de flujo de control independientes que se ejecutan simultáneamente en el microcontrolador 728. El primer flujo de control es establecer la operación normal del reforzador (figura 10), siendo la segunda supervisar la operación correcta del enlace de control entre la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 (figura 11). En el "arranque" o "reposición" de la unidad de Usuario 702, la ganancia del amplificador de GV 212 se fija siempre al mínimo y se conmuta a "OFF". El sistema se dice que está "operativo" cuando el amplificador de GV 212 se conmuta a "ON", después del ajuste correcto de la ganancia mediante una instrucción desde el microcontrolador 728. En el "arranque" o "reposición" de la unidad de Usuario 702 (suponiendo que el "código de identidad" de la unidad de Red 602 de interés es conocido o previamente introducido en la unidad de Usuario 702 a través de la unidad de interfaz de usuario 721), el microcontrolador 728 iniciará el flujo de control (etapa 902 en la

figura 10). La unidad microcontroladora 728 da instrucciones a la unidad del enlace de control 720 para establecer un enlace con la unidad de Red 602 (etapa 904). La unidad de enlace de control 728, usando los protocolos apropiados, continuará tratando de establecer un enlace de comunicación con la unidad de control 620 de la unidad de Red 602 hasta que dicho enlace se establezca (etapa 906). Después del establecimiento con éxito del enlace de control entre la unidad de Usuario 702 y la unidad de Red 602, la unidad de Usuario 702 supervisará el canal de control respecto instrucciones desde la unidad de Red 602 (etapa 908). Si se envía una instrucción "detener" por la unidad de Red 602 (etapa 11), la unidad de Usuario 702 detendrá las transmisiones en el enlace directo y el enlace inverso (etapa 912). Si la instrucción es fijar parámetros (etapa 916) tales como el "ancho de banda de operación", o el "número de canal del espectro U-NII", o "el número del canal celular", o cualquier o todos de los anteriores, y cualesquiera otros parámetros del sistema a ser fijados, la unidad de Usuario 702 fija los parámetros según se ha especificado por la instrucción (etapa 918). Si la instrucción es "fijar la ganancia del amplificador 212" (etapa 920), la unidad de Usuario 702 fijará la ganancia solicitada para el amplificador de GV 212 (etapa 922). Si la instrucción es "comenzar la transmisión" (etapa 923), la unidad de Usuario 702 comienza la operación en los enlaces directo 724 e inverso 726 de la unidad (etapa 924). Se pueden usar otras instrucciones que no se mencionan en el ejemplo. Las instrucciones se ejecutan por la unidad de Usuario 702 si las instrucciones se reciben por la unidad de Usuario 702 (etapas 925 y 926). Después de la ejecución de la instrucción, la unidad de Usuario 702 volverá a la etapa 908.

La segunda operación de flujo de control comienza después de la etapa 906, y se muestra en la figura 11. La segunda operación comprueba la calidad y rendimiento de la operación de los enlaces de control de las unidades de control 628 y 720, mediante la supervisión de cantidades tales como BER, SNR y el ruido de fondo e interferencia (etapa 930). Si la operación del enlace no es satisfactoria (etapa 932), se indica una señal de error (etapa 934) se detienen todas las transmisiones en las unidades de enlace directo 724 e inverso 726 por parte de la unidad de Usuario 702 (etapa 936), y finalmente la unidad de Usuario 702 volverá a la etapa 902 (etapa 938).

La descripción es meramente un ejemplo de implementación del sistema. Se pueden implementar otros posibles métodos y soluciones. Pueden observarse varios puntos.

1. La unidad de Red 602 puede controlar varias unidades de Usuario, tal como la unidad de Usuario 702. En dichos ajustes, el flujo de control de ejemplo, mostrado en las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 puede modificarse de modo que la unidad de Red 602 pueda inicializar cada unidad de Usuario independientemente. Para una operación estable, la ganancia del amplificador 306 de la unidad de Red en el enlace Inverso 606 se fija para la mínima Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , para operación con todas las unidades de Usuario activas. De ese modo, la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , se basa en los cálculos de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , (es decir $PL_{dl} \approx PL_{ul}$), se usa la ganancia de amplificador 306 mínima para todas las unidades de Usuario en el enlace directo bajo el control de la unidad de Red 602. Si la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , no se basa en la Pérdida del Trayecto de Sistema en el Enlace Ascendente (es decir existe un bucle de calibración separado para la estimación de la, PL_{dl}), la ganancia del amplificador 306 se puede fijar independientemente para cada unidad de Usuario en el enlace directo, bajo el control de la unidad de Red 602.

2. Otra modificación usada para operación de múltiples unidades de Usuario (varias unidades de Usuario 702) es que las mediciones de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , y la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , se pueden realizar con todas las unidades de Usuario bajo el control de la unidad de Red 602 (incluyendo la unidad de Red 602), activas de modo que los niveles agregados de potencia de la señal no excedan la Ganancia el Enlace del Sistema en el Enlace Descendente, G_{dl} , o la Ganancia de Enlace del Sistema en el Enlace Ascendente, G_{ul} . Si la señal combinada desde las unidades de Usuario supera el nivel aceptable para las ganancias de enlace del sistema tanto el enlace inverso como directo, se reducen las ganancias de amplificador apropiadas en incrementos de saltos iterativos a un nivel tal que la ganancia de enlace del sistema máxima permitida, o los enlaces directo e inverso se cumplan.

3. Un hardware adicional, similar al generador y transmisor de la señal de calibración 622, y el receptor de la señal de calibración 620, se puede incluir en la trayectoria del enlace directo de o bien la unidad de Red 602 o bien la unidad de Usuario 702, para evaluar la Pérdida Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , independientemente (para cada unidad de Usuario 702 controlada por la unidad de Red 602).

4. Aunque la trayectoria de señal tanto para la unidad de Red 620 como para la unidad de Usuario 702, en el enlace directo, está constantemente activo, para reforzar las transmisiones de balizamiento (BCCH en GSM) de las estaciones base, la trayectoria de la señal en la trayectoria del enlace inverso de la unidad de Red 620 y de la unidad de Usuario 702 pueden estar activos, a menos que se detecte un nivel de señal sustancial (es decir "regulado"). Por lo tanto, en la unidad de Usuario 702, en base al nivel de potencia de señal recibida en el enlace inverso, que se puede medir después de la unidad LNA 320 o de la unidad de filtro 321, la unidad microcontroladora 728 conmuta la unidad transmisora 316 a "OFF" si el nivel de potencia de la señal está por debajo del umbral deseado, o a "ON" si el nivel de potencia de la señal está por encima del umbral deseado. Igualmente, en la unidad de Red 602, en base a nivel de potencia de señal recibido en el enlace inverso, que se puede medir después de la unidad receptora 310 o de la unidad de conversión 308, la unidad microcontroladora 626 conmuta la unidad de amplificador de ganancia variable 306 a "OFF" si el nivel de potencia de señal está por

debajo del umbral deseado, o a "ON" si el nivel de potencia de la señal está por encima del umbral deseado. Se tiene cuidado de que la operación "regulada" del enlace inverso no interfiera con la trayectoria de señal de calibración y el mecanismo que implica a las unidades 622 y 620. Por lo tanto, o bien la operación "regulada" se sustituye por una operación continua durante el proceso de calibración, o donde es posible, se coloca una calibración del enlace directo y se usa de una manera similar al mecanismo del enlace inverso para los cálculos tanto de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , como de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} .

5. Con ciertas modificaciones en el hardware y software de control, la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 se pueden mezclar en una única unidad, conectada "espalda con espalda". El diseño y operación de la opción espalda con espalda se muestra en la figura 14 y se explican más adelante.

6. El código de identidad único de la unidad de Red 602 y opcionalmente la localización del dispositivo pueden transmitirse a la red celular. La información se puede usar para localizar a un usuario en un entorno interior, por ejemplo mediante la generación de unos datos altamente codificados (protegidos), en baja tasa de bits, que contengan un preámbulo conocido largo, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad de Red 602. La información se puede conformar entonces en pulsos para una baja fuga espectral y superponerse sobre la señal del enlace inverso de un canal dado mediante el esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de Red 602. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular en operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envolvente constante tal como GMSK, se puede usar la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para sistemas CDMA, con un control de la potencia del enlace inverso rápido, se puede usar DBPSK como el esquema de modulación. La extracción de la información anteriormente mencionada desde la señal de canal recibida en la estación base puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero esto no tiene efecto en la operación normal del enlace celular.

La explicación anterior es aplicable a todas las diferentes implementaciones analógicas de todos los diversos reforzadores desvelados.

Ejemplo de implementación digital

La figura 12 muestra un ejemplo de implementación digital de la unidad de Red 602 (etiquetado 1002 en la figura 12), que se coloca donde existe buena cobertura de señal, en interior o exterior. Se usan dos antenas 1004 y 1006 para diversidad de antenas para el transmisor y receptor en la banda celular de la unidad de Red 1002. También se usan dos antenas 1036 y 1038 para diversidad de antenas de la operación en la banda U-NII de la unidad de Red 1002. Aunque se pueda usar cualquier esquema de diversidad-combinación tales como la combinación de relación máxima, etc. para la cadena receptora, y esquemas de diversidad de transmisión tales como cambio de fase aleatorio en una o ambas antenas para la cadena transmisora, se sugiere en el presente documento un esquema simple que se base en la diversidad conmutada de antenas con una estrategia de "conmutación continua". Se puede usar la estrategia de conmutación continua, con una tasa de conmutación seleccionada para rendimiento óptimo (por ejemplo en, o el doble de la tasa de ranuras de tiempo GSM ~4,6 ms), tanto para las operaciones de transmisión como de recepción, y dará como resultado una potencia de señal transmitida/recibida promedio nominal, siempre que las antenas se coloquen suficientemente separadas. El esquema de diversidad de conmutación continua puede implementarse de modo simple usando solo un conmutador RF simple en los puertos de antena. Por lo tanto, el conmutador de RF 1008 conectado a las antenas 1004 y 1006 y al filtro dúplex 1010, y el microcontrolador 1060, bajo el control del microcontrolador 1060, proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción celular de la unidad de Red 1002. También, el conmutador de RF 1032 conectado a las antenas 1036 y 1038 y el filtro dúplex 1034 proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción en la banda U-NII de la unidad de Red 1002. El filtro dúplex 1010 se conecta al LNA de enlace directo 1012 y al acoplador direccional 1056. El LNA 1012 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 1014. El convertidor de frecuencia 1014 se conecta a la unidad de control de ganancia automática (AGC) 1018. El convertidor de frecuencia 1014 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante desde la banda celular a la banda base, o a la banda de frecuencia "próxima a la banda base". La unidad de conversión de frecuencia 1014 puede suministrar el filtrado apropiado para la operación correcta de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 1014 se fija por la unidad microcontroladora 1060. La unidad AGC 1018 se conecta a la unidad de conversión analógico a digital (AD/C) 1020 y a la unidad de Acondicionamiento de Señal (SC) 1022. La AGC 1018 es opcional, y su tarea es colocar el nivel de señal recibida sustancialmente próximo a la mitad del intervalo dinámico del AD/C 1020. Si se incluye, el diseño y operación de la unidad 1018 se configura de modo que en presencia de baja potencia de señal el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad AGC 1018. También se tiene cuidado de modo que la contribución de ganancia de la unidad AGC 1018 se compense en los cálculos de la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Descendente G_{dl} o el valor de ganancia del AGC 1018 se compense por la unidad SC 1022. Si no se incluye la unidad AGC 1018, la unidad AD/C 1020 ha de proporcionar el intervalo dinámico apropiado, que puede ser tan alto como 144 dB (24 bits). La unidad AD/C 1020 se conecta a la unidad de Acondicionamiento de Señal 1022. La unidad de Acondicionamiento de Señal 1022 realiza tareas tales como filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación deseada, conversión de frecuencia, inserción de la frecuencia de referencia, estimación del

nivel de señal, algoritmo AGC, algoritmos del transmisor WLAN y cualquier otra característica que use el acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, el filtro de selección de canal que se puede implementar como filtros poli-fase se puede fijar para un ancho de banda de operación dado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro del enlace directo celular o PCS o espectro de frecuencia deseado. La frecuencia de reloj de la unidad de Acondicionamiento de Señal 1022 se deriva de la frecuencia de referencia local 1070 y se proporciona por una unidad de reloj 1024. Dependiendo de los parámetros del sistema y del ancho de banda operacional apropiado y la carga de las operaciones soportadas, tales como el filtrado, la unidad de Acondicionamiento de Señal 1022 puede implementarse mediante una variedad de tecnologías tales como FPGA, ASIC y DSP de propósito general tal como el procesador TMS320C6416-7E3 de Texas Instruments. La unidad de Acondicionamiento de Señal 1022 puede incluir todas las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de Acondicionamiento de Señal 1022 se conecta a la unidad de conversión digital a analógico (DA/C) 1026. La unidad DA/C 1026 puede incluir el filtrado posterior apropiado después de la conversión digital a analógica. La unidad DA/C 1026 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 1028. La unidad de conversión de frecuencia 1028 eleva las frecuencias de la señal de entrada a la parte deseada de la banda de frecuencias U-NII. La unidad de conversión de frecuencia 1028 puede suministrar todo el filtrado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 1028 se fija por la unidad microcontroladora 1060. Por lo tanto, se puede usar el algoritmo de asignación de canal dinámico (DCA) para seleccionar la mejor banda de frecuencias de operación. La unidad de conversión de frecuencia 1028 se conecta a la unidad amplificadora de ganancia variable 1030. La ganancia del amplificador 1030 se fija por la unidad microcontroladora 1060, y la mayor parte del tiempo se fija a la máxima potencia permitida para la transmisión en la banda U-NII. La unidad amplificadora de ganancia variable 1030 se conecta al filtro Dúplex 1034.

El filtro dúplex 1034 se conecta al LNA del enlace inverso 1040 y al amplificador de GV 1030. El LNA 1040 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 1042. La unidad de conversión de frecuencia 1042 se conecta a la unidad acopladora direccional 1041. El convertor de frecuencia 1042 convierte la banda de frecuencias de la señal entrante desde la banda U-NII a la banda base o a la banda de frecuencias "próxima a la banda base". La unidad de conversión de frecuencia 1042 incluye filtrado para la operación correcta de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 1042 se fija por la unidad microcontroladora 1060. La unidad acopladora direccional 1041 se conecta a la unidad de control de ganancia automática (AGC) 1044, y a la unidad receptora de la señal de calibración 1016. La unidad AGC 1044 se conecta al unidad de Conversión Analógico a Digital (AD/C) 1046 y a la unidad de Acondicionamiento de la Señal 1048. La AGC 1044 es opcional, y su tarea es colocar el nivel de señal recibida sustancialmente próximo a la parte media del intervalo dinámico del AD/C 1046. Si se incluye, el diseño y operación de la unidad 1044 se configuran de modo que en presencia de baja potencia de señal el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad AGC 1044. También se tiene cuidado de modo que la contribución de ganancia de la unidad AGC 1044 se compense en los cálculos de la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Ascendente G_{ul} o el valor de ganancia del AGC 1044 se compense en la unidad SC 1048. Si no se incluye la unidad AGC 1044, la unidad AD/C 1046 proporciona el intervalo dinámico apropiado, que puede ser tan alto como 144 dB (24 bits). La unidad AD/C 1046 se conecta a la unidad Acondicionadora de Señal 1048. La unidad Acondicionadora de Señal 1048 realiza tareas tales como filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación deseada, conversión de frecuencia, recepción de la calibración de señal, estimación del nivel de señal, algoritmo AGC, algoritmos del receptor WLAN y cualquier otra característica que use el acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, el filtro de selección de canal que se puede implementar como filtros poli-fase se puede fijar para un ancho de banda de operación dado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro del enlace directo U-NII o cualquier espectro de frecuencia deseado. La frecuencia de reloj de la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048 se deriva de la frecuencia de referencia local 1070 y se proporciona por una unidad de reloj 1024. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operacional apropiado y la carga de las operaciones soportadas, tales como el filtrado, la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048 puede implementarse mediante una variedad de tecnologías tales como FPGA, ASIC y DSP de propósito general tal como el procesador TMS320C6416-7E3 de Texas Instruments. La unidad de Acondicionamiento de Señal 1048 puede incluir todas las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de Acondicionamiento de Señal 1048 se conecta a la unidad de Conversión Digital a Analógico (DA/C) 1050. La unidad DA/C 1050 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 1052. La unidad DA/C 1050 proporciona el filtrado posterior apropiado después de la conversión digital a analógica. La unidad de conversión de frecuencia 1052 eleva las frecuencias de la señal de entrada a la parte deseada de la banda de frecuencias celular o PCS. La unidad de conversión de frecuencia 1052 incluye el filtrado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 1052 se fija por la unidad microcontroladora 1060. La unidad de conversión de frecuencia 1052 se conecta a la unidad amplificadora de ganancia variable 1054. La ganancia del amplificador 1054 se fija por la unidad microcontroladora 1060. La unidad amplificador ha de ganancia variable 1054 se conecta al acoplador direccional 1056. El acoplador direccional 1056 se conecta al filtro dúplex 1010. Es posible también usar coordinadores híbridos en lugar de los acopladores direccionales 1041 y 1056.

Se acopla un generador/transmisor de señal de calibración 1058 a la trayectoria de transmisor de enlace inverso a través del acoplador direccional 1056. La unidad 1058 proporcionará una señal de calibración, con los niveles de potencia deseados, que se usa para establecer el nivel de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente mencionado anteriormente, PL_{ul} , que existe entre la unidad de Red 1002 (502 a la figura 4) y la unidad

de Usuario 2002 en la figura 13 (504 en la figura 4). La señal de calibración generada por la unidad 1058 se transmite a través de la diversidad de antenas 1004 y 1006 a un nivel de transmisión fijado que está sustancialmente por debajo de cualquier nivel de señal esperado desde la red celular (por ejemplo 20 dB por debajo del nivel de señal celular mínimo esperado). La señal de calibración generada por la unidad 1058 es una señal de espectro disperso de secuencia directa modulada por un código pseudo aleatorio (PN) conocido con una fase de código conocida (fase de "código propio") y con una tasa de chips comparable a los anchos de banda de operación de los enlaces directo e inverso de la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002. Las fases de código se seleccionan de modo que la diferencia de fase de código mínima sea mayor que el retardo de trayectoria esperado máximo (medido en múltiplos del número de chips) y después de que, las otras fases de código deberían ser múltiples enteros de la fase de código mínima. El receptor de la señal de calibración 1016 que se conecta al enlace inverso de la unidad de Red 1002, mediante el uso del código PN conocido y la fase de código de transmisión (fase de "código propio"), es entonces capaz de detectar y demodular la señal de calibración transmitida por la unidad 1058, e introducido en la trayectoria del enlace inverso a través del mecanismo de bucle cerrado mencionado que existe entre la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002 en la figura 13 (504 la figura 4). La unidad receptora de la señal de calibración 1016 es capaz de establecer la intensidad de la señal recibida, que se usa entonces para estimar la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , que existe entre la unidad de Red 1002 (502 en la figura 4) y la unidad de Usuario 2002 en la figura 13 (504 la figura 4). La fase del código PN se puede asignar de modo único, o arrastrarse de acuerdo con un algoritmo aleatorio, de modo que la probabilidad de que dos unidades tengan la misma fase de código pueda ser muy baja. La característica permite que el receptor de la señal de calibración 1016 sea capaz de descargar y recibir fases de "otros códigos", y por ello, el establecimiento de si hay cualquier otro acoplamiento de señal a o desde otras unidades que puedan estar operando en la misma área geográfica. El código se puede modelar también con información acerca de la identidad de la unidad de Red 1002. La frecuencia portadora de la señal de calibración transmitida puede estar en la banda de frecuencias celular en operación. Sin embargo, las frecuencias portadoras en otras bandas, tales como la banda ISM a 2,4 GHz, se pueden usar para la transmisión de la señal de calibración de modo que la frecuencia portadora del generador y transmisor de la señal de calibración 1058 se sitúen tan próximas como sea posible a la banda de frecuencias de operación. La tasa de chips y la potencia de transmisión del código PN de la señal de calibración son tales que la señal de calibración cumple con las reglas del FCC 47 CFR Part-15. Aunque la banda ISM no es la misma que la banda de operación celular, en cualquier caso, la banda está suficientemente próxima para permitir que el sistema establezca un acoplamiento de antena y ganancias del enlace del sistema en el enlace Ascendente y Descendente, (G_{ul}, G_{dl}) , en la banda de operación celular. Los valores de amplitud y fase instantáneos ya no son relevantes operando en la banda ISM. Cualquier antena y diferencias de propagación en el nivel de señal promedio entre las dos bandas de operación ISM y celular se pueden investigar en la fase de diseño y tenerse en cuenta en el diseño del sistema final.

Las funciones en banda base de la unidad transmisora de calibración 1058 y la unidad receptora de calibración 1026 se pueden integrar y soportar por la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048. Las funciones de la unidad transmisora de calibración 1058 y la unidad receptora de calibración 1016 pueden integrarse también dentro de la trayectoria de la señal del enlace inverso. En el ejemplo, la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 1058 y el receptor de la señal de calibración 1016 están ambas en la unidad de Red 1002. Sin embargo, ambas o una de las unidades que incluyen la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 1058, y la receptora de la señal de calibración 1016, se pueden colocar también en la unidad de Usuario 2002 con ciertas modificaciones y consideraciones. En algunos casos, un mecanismo de calibración para el enlace directo, similar al descrito para el enlace inverso, incluye componentes tales como las unidades 1056, 1058, 1016 y 1041, que se colocan en la unidad de Usuario 2002.

El ID del equipo y la unidad de frecuencia de referencia 624 mostradas en la figura 5, en la trayectoria del enlace directo, está soportadas ahora por la unidad de Acondicionamiento de Señal 1022 en la unidad de Red 1002 digital, siendo la descripción y funciones iguales a las explicadas para unidad 624.

La unidad del enlace de control 1062 es un enlace de radio entre las dos unidades de Red 1002 y de Usuario 2002 (en la figura 13). Puede ser un enlace propietario que opere en una de las bandas de frecuencia sin licencia, o puede ser un enlace inalámbrico estándar tal como 802.11b, 802.11a, 802.11g o Bluetooth, diseñado para operar en la banda de frecuencias sin licencia. La unidad del enlace de control 1062 se conecta a la unidad microcontroladora 1060, y es capaz de comunicar a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 1062 se conecta también a las antenas 1066 y 1064 para transmisión y recepción de señales de control. Obsérvese que suponiendo que el ancho de banda de operación y las frecuencias lo permitan, con modificaciones menores para la unidad 1002, las unidades de antena 1036 y 1038 se pueden usar también para la operación de la unidad de enlace de control 1062. Con modificaciones menores en la unidad 1002, y donde las frecuencias de operación seleccionadas lo permitan, la funcionalidad en banda base de la unidad enlace de control 1062 puede incluirse en las unidades de Acondicionamiento de Señal 1022 y 1048, con la señales de la unidad de enlace de control 1062 de transmisión/recepción multiplexadas (en frecuencia o tiempo) con las señales de transmisión/recepción del enlace directo e inverso de la unidad de Red 1002, que se transmiten y reciben por las antenas 1038 y 1036.

La unidad microcontroladora 1060 es un microprocesador simple tal como ARM7 o ARM9 con toda la memoria e interfaces apropiadas. La unidad microcontroladora 1060 controla la operación de la unidad de Red 1002, y puede realizar algún procesamiento y acondicionamiento adicional de señales tal como promediado y estimación del nivel

de señal. Algunas de las tareas de la unidad microcontroladora 1060 son fijar el ancho de banda de operación y la ganancia de los enlaces directo e inverso de los componentes de la unidad de Red 1002, comunicar con la unidad de Usuario 2002 en la figura 13 a través de la unidad de enlace de control 1062, controlar y comunicar con el generador y transmisor de la señal de calibración 1058 y el receptor de la señal de calibración 1016. Otras tareas del microcontrolador 1060 se explican posteriormente a modo de ejemplo dados en las figuras 7, 8 y 9. La unidad microcontroladora 1060 se conecta a las unidades 1062, 1016, 1058, 1052, 1048, 1042, 1030, 1028, 1022 y 1014.

Las unidades 1062, 1016, 1058, 1052, 1042, 1060, 1028, 1046, 1020, 1024 y 1014 están todas ellas conectadas a la unidad de oscilador local 1070, y derivan su reloj y frecuencias de referencia de la señal del oscilador local 1070.

Se conecta una unidad de interfaz de usuario 1061 simple, que puede ser un teclado o un simple conjunto de interruptores, a la unidad microcontroladora 1060.

La figura 13 muestra un ejemplo de una implementación digital de la unidad de Usuario 702 (etiquetada 2002 en la figura 13), que se coloca donde no existe una buena cobertura de la señal, en el interior o exterior. Se usan dos antenas 2034 y 2036 para diversidad de antena para la operación del transmisor y receptor en la banda celular de la unidad de Usuario 2002. También, se usan dos antenas 2004 y 2006 para diversidad de antena de la operación en la banda U-NII de la unidad de Usuario 2002. Aunque se puede usar cualquier esquema de diversidad-combinación tal como la Combinación de Relación Máxima, etc. para la cadena receptora, y esquemas de diversidad de transmisión tales como cambio de fase aleatorio en una o ambas antenas para la cadena de transmisión, se sugiere aquí un esquema simple que se base en una diversidad de antena conmutada con una estrategia de "conmutación continua". La estrategia de conmutación continua, con la tasa de conmutación seleccionada para un rendimiento óptimo (por ejemplo, en, o al doble de la tasa de ranuras de tiempo GSM ~4,6 ms), se puede usar tanto para la operación de transmisión como de recepción, y dará como resultado una potencia de señal transmitida/recibida promedio, siempre que las antenas se sitúen suficientemente separadas. El esquema de diversidad de conmutación continua se implementa simplemente como un conmutador RF simple en los puertos de antena. Por lo tanto, el conmutador de RF 2032 conectado a las antenas 2034 y 2036 y el filtro dúplex 2030 y el microcontrolador 2054, bajo el control del microcontrolador 2054, proporcionarán operaciones de conmutación para la operación de transmisión/recepción celular de la unidad de Usuario 2002. También el conmutador de RF 2008 conectado a las antenas 2004 y 2006 y el filtro dúplex 2010 proporcionarán operación de conmutación para la operación de transmisión/recepción en la banda U-NII de la unidad de Usuario 2002. El filtro dúplex 2010 se conecta al LNA del enlace directo 2012 y al amplificador de GV 2052. El LNA 2012 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2014. El convertor de frecuencia 2014 se conecta a la unidad de Control de Ganancia Automático (AGC) 2016. El convertor de frecuencia 2014 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante desde la banda celular a la banda base, o a la banda de frecuencias "próximas a la banda base". La unidad de conversión de frecuencia 2014 incluye todo el filtro apropiado para la operación correcta de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2014 se fija por la unidad microcontroladora 2054. La unidad de AGC 2016 se conecta a una unidad de Conversión Analógico a Digital (AD/C) 2018 y a la unidad de Acondicionamiento de Señal 2020. La AGC 2016 es opcional, y su tarea es colocar el nivel de señal recibida sustancialmente próximo a la mitad del intervalo dinámico del AD/C 2018. Si se incluye, el diseño y operación de la unidad 2016 se dispone de modo que en presencia de baja potencia de señal el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad AGC 2016. También se tiene cuidado de modo que la contribución de ganancia de la unidad AGC 2016 se compense en los cálculos de la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Descendente G_{dl} , o el valor de ganancia del AGC 2016 se compense por la unidad SC 2020. Si no se incluye la unidad AGC 2016, la unidad AD/C 2018 proporciona un intervalo dinámico apropiado, que puede ser tan alto como 144 dB (24 bits). La unidad AD/C 2018 se conecta a la unidad Acondicionadora de Señal 2020. La unidad Acondicionadora de Señal 2020 se programa para realizar tareas tales como filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación deseada, conversión de frecuencia, extracción de la frecuencia de referencia, estimación del nivel de señal, algoritmo AGC, algoritmos del transmisor WLAN y cualquier otra característica que use el acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, el filtro de selección de canal que se puede implementar como filtros poli-fase se puede fijar para un ancho de banda de operación dado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro del enlace directo celular o PCS o espectro de frecuencia deseado, y fijarse simplemente a los mismos parámetros que la unidad de Red 1002. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2020 extrae la frecuencia de referencia transmitida por la unidad de Red 1002. El DA/C 2021, que se conecta a la unidad de Acondicionamiento de Señal 2020 proporciona la forma analógica de la frecuencia de referencia 2023. Donde la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002 usen la alimentación eléctrica de distribución para sus operaciones, es posible usar las oscilaciones de la distribución a 60 Hz (o 50 Hz), para "enclavar" las oscilaciones locales de estas dos unidades, a una fuente de frecuencia común. Las oscilaciones de la distribución a 60 Hz o 50 Hz se convierten, mediante los circuitos adecuados, a la frecuencia deseada, para la operación de la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002. La frecuencia de reloj de la unidad de Acondicionamiento de Señal 2020 se deriva de la frecuencia de referencia local 2023 y se proporciona por una unidad de reloj 2022. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda de operación y la carga de las operaciones soportadas, tales como el filtrado, la unidad de Acondicionamiento de Señal 2020 puede implementarse mediante una variedad de tecnologías tales como FPGA, ASIC y DSP de propósito general tal como el procesador TMS320C6416-7E3 de Texas Instruments. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2020 incluye las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2020 se conecta a la unidad de conversión digital a analógico (DA/C) 2024. La unidad

DA/C 2024 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2026. La unidad DA/C 2024 incluye el filtrado posterior que sea apropiado después de la conversión digital a analógica. La unidad de conversión de frecuencia 2026 eleva las frecuencias de la señal de entrada a la parte deseada de la banda de frecuencias celular (o PCS). La unidad de conversión de frecuencia 2026 incluye el filtrado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2026 se fija por la unidad microcontroladora 2054. La unidad de conversión de frecuencia 2026 se conecta a la unidad amplificadora de ganancia variable 2028. La ganancia del amplificador 2028 se fija por la unidad microcontroladora 2054. La unidad amplificadora de ganancia variable 2028 se conecta al filtro Dúplex 2030.

El filtro dúplex 2030 se conecta también al LNA del enlace inverso 2038. El LNA 2038 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2040. El convertor de frecuencia 2040 se conecta a la unidad de Control de Ganancia Automático (AGC) 2042. El convertor de frecuencia 2040 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante desde la banda celular (o PCS) a la banda base, o a la banda de frecuencias "próximas a la banda base". La unidad de conversión de frecuencia 2040 incluye el filtrado para la operación correcta de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2040 se fija por la unidad microcontroladora 2054. La unidad de AGC 2042 se conecta a una unidad de Conversión Analógico a Digital (AD/C) 2044 y a la unidad de Acondicionamiento de Señal 2046. La AGC 2042 es opcional, y su tarea es colocar el nivel de señal recibida sustancialmente próximo a la mitad del intervalo dinámico del AD/C 2044. Si se incluye, el diseño y operación de la unidad 2042 se configuran de modo que en presencia de baja potencia de señal el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad AGC 2042. También se tiene cuidado de modo que la contribución de ganancia de la unidad AGC 2042 se compense en los cálculos de la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Ascendente G_{ul} , o el valor de ganancia del AGC 2042 se compense por la unidad SC 2046. Si no se incluye la unidad AGC 2042, la unidad AD/C 2044 proporciona un intervalo dinámico apropiado, que puede ser tan alto como 144 dB (24 bits). La unidad AD/C 2044 se conecta a la unidad Acondicionadora de Señal 2046. La unidad Acondicionadora de Señal 2046 realiza tareas tales como filtrado de selección de canal para la banda de frecuencias de operación deseada, conversión de frecuencia, estimación del nivel de señal, algoritmo AGC, algoritmos del transmisor WLAN y cualesquiera otras características que usen el acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, los filtros de selección de canal que se pueden implementar como filtros poli-fase se pueden fijar para un ancho de banda de operación dado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro del enlace directo U-NII o cualquier espectro de frecuencia deseado y fijarse de modo similar a los mismos parámetros que la unidad de Red 1002. La frecuencia de reloj de la unidad Acondicionador de Señal 2046 se deriva de una frecuencia de referencia local 2023 y es proporcionada por la unidad de reloj 2022. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda de operación y la carga de las operaciones soportadas, por ejemplo el filtrado, la unidad de Acondicionamiento de Señal 2046 puede implementarse mediante una variedad de tecnologías tales como FPGA, ASIC y DSP de propósito general tal como el procesador TMS320C6416-7E3 de Texas Instruments. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2046 incluye las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2046 se conecta a la unidad de Conversión Digital a Analógico (DA/C) 2048. La unidad DA/C 2048 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2050. La unidad DA/C 2048 incluye el filtrado posterior que sea apropiado después de la conversión digital a analógica. La unidad de conversión de frecuencia 2050 eleva las frecuencias de la señal de entrada a la parte deseada de la banda de frecuencias U-NII. La unidad de conversión de frecuencia 2050 incluye el filtrado apropiado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2050 se fija por la unidad microcontroladora 2054 y por lo tanto se puede usar el algoritmo de Asignación Dinámica de Canal (DCA) para seleccionar la mejor banda de frecuencias de operación. La unidad de conversión de frecuencia 2050 se conecta a la unidad amplificadora de ganancia variable 2052. La ganancia del amplificador 2052 se fija por la unidad microcontroladora 2054 y la mayor parte del tiempo se fija a la potencia máxima permitida para la transmisión en la banda U-NII. La unidad amplificadora de ganancia variable 2052 se conecta al filtro Dúplex 2010.

La unidad del Enlace de Control 2056 es un enlace de radio entre la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002. Puede ser un enlace propietario que opere en una de las bandas de frecuencia sin licencia, o puede ser un enlace inalámbrico estándar tal como 802.11b, 802.11a o Bluetooth, diseñado para operar en la banda de frecuencias sin licencia. La unidad del enlace de control 2056 se conecta a la unidad microcontroladora 2054, y es capaz de comunicar a través de una interfaz apropiada. La unidad de enlace de control 2056 se conecta también a las antenas 2058 y 2060 para transmisión y recepción de señales de control. Obsérvese que suponiendo que el ancho de banda de operación y las frecuencias lo permitan, con modificaciones menores para la unidad 2002, las unidades de antena 2004 y 2006 se pueden usar también para la operación de la unidad de enlace de control 2056. También, con modificaciones menores en la unidad 2002, y donde las frecuencias de operación seleccionadas lo permitan, la funcionalidad en banda base de la unidad enlace de control 2056 puede incluirse en las unidades de Acondicionamiento de Señal 2046 y 2020 respectivamente, con las señales de la unidad de enlace de control 2056 de transmisión/recepción multiplexadas (en frecuencia o tiempo) con las señales de transmisión/recepción del enlace directo e inverso de la unidad de Usuario 2002, que se transmiten y reciben por las antenas 2004 y 2006.

La unidad microcontroladora 2054 es un microprocesador simple tal como ARM7 o ARM9 con toda la memoria e interfaces apropiadas. La unidad microcontroladora 2054 controla la operación de la unidad de Red 2002, y puede realizar algún procesamiento y acondicionamiento adicional de señales tal como promediado y estimación del nivel de señal. Algunas de las tareas de la unidad microcontroladora 2054 son fijar el ancho de banda de operación y la

ganancia de los enlaces directo e inverso de los componentes de red, y comunicar con la unidad de Red 1002 en la figura 12 a través de la unidad de enlace de control 2056. Otras tareas del microcontrolador 2054 se explican posteriormente a modo de ejemplo dados en las figuras 10 y 11. La unidad microcontroladora 2054 se conecta a las unidades 2056, 2052, 2050, 2046, 2040, 2028, 2026, 2020 y 2014.

5 Se conecta una unidad de interfaz de usuario 2055 simple, que puede ser un teclado o un simple conmutador, a la unidad microcontroladora 2054.

10 Las unidades 2056, 2052, 2050, 2040, 2028, 2026, 2054, 2018, 2044, 2022 y 2014 están todas ellas conectadas a la unidad de oscilador local 2023, o derivan su reloj y frecuencias de referencia de la señal del oscilador local 2023.

15 Considerando solamente la operación en el enlace inverso de la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002, como un ejemplo, las señales recibidas a través de las unidades de antena 2034 y 2036, se retransmiten a través de las unidades de antena 1004 y 1006, con una potencia de señal más alta. Estas señales retransmitidas se pueden recibir de nuevo a través de las unidades de antena 2034 y 2036 (y se han denominado anteriormente como la "Señal de Retorno del Enlace Ascendente"), produciendo una trayectoria de retorno de la señal en el sistema que puede producir inestabilidad en la operación del reforzador. En la implementación digital de la unidad de Red 1002 y de la unidad de Usuario 2002, puede ser posible reducir la magnitud de la señal de retorno (Señal de Retorno del Enlace Ascendente) mediante varias técnicas de procesamiento de señal. La elección, diseño y efectividad de las técnicas ilustrativas depende de los parámetros del sistema y las condiciones de operación. Se pueden aplicar también los algoritmos de mitigación multi-trayectoria más conocidos para la reducción de la señal de retorno, sin embargo, debido a los retardos de propagación extremadamente pequeños entre la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002, y la resolución temporal limitada del sistema, los algoritmos convencionales anteriores pueden ser en la práctica difíciles y caros de implementar, en el mejor caso, o ineficaces y perjudiciales en el peor. Por lo tanto, se proporciona un ejemplo de una técnica de filtrado, por ejemplo en la sección "filtrado de canal", donde se usa un retardo "deliberado" en la retransmisión de la señal recibida, para separar la señal de retorno (Señal de Retorno del Enlace Ascendente), de la señal incidente original, en la salida de los terminadores de la unidad de antena 2034 y 2036. Por ejemplo, un retardo de aproximadamente $1 \mu\text{s}$, que asegura la separación de tiempo de la señal retransmitida, de la señal recibida original, y de ahí la capacidad para mitigar la señal retransmitida por el ejemplo de técnica de "Filtrado de Canal", que se explica a continuación. El retardo se puede introducir en la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048, siempre que haya una memoria intermedia de datos de suficiente tamaño disponible. La operación de filtrado de canal se puede realizar también mediante la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048 (o unidad SC 2046), o puede realizarse mediante un ASIC o FPGA separado, conectado a la unidad AD/C 1046, y a la unidad de Acondicionamiento de Señal 1024. Alternativamente, con modificaciones menores, las unidades ASIC o FPGA pueden colocarse en la unidad de Usuario 2002, conectadas a la unidad AD/C 2042 y a la unidad de Acondicionamiento de Señal 2046. La señal de calibración se puede usar para finalidades de estimación de canal, de modo que se pueda estimar la amplitud y la fase de la respuesta global del canal (incluyendo la trayectoria de retorno), para el ajuste de los taps de filtrado de canal. La introducción del Filtro del Canal en la trayectoria de señal tiene también un impacto en la operación del esquema de diversidad de antena. La estimación del canal se realiza de modo que las operaciones de conmutación de antena se sincronicen de modo que, de entre los cuatro canales posibles, solamente existan dos canales de propagación posibles. Dado que la conmutación (selección) de antenas está bajo el control de la unidad microcontroladora 1060 en la unidad de Red 1002, y la unidad microcontroladora 2054 en la unidad de Usuario 2002, la estimación del canal puede realizarse para ambas trayectorias de propagación, y se pueden determinar dos conjuntos de coeficientes de Filtro del Canal para la operación de filtrado. Por lo tanto, es posible seleccionar (o conmutar a) los coeficientes de filtro relevantes, sincronizados en armonía con la operación de selección de antena. El mecanismo de filtrado de canal no se usa para mitigar totalmente la señal de retorno sino que se usa más bien para suprimir la señal suficientemente de modo que sea posible alguna ganancia del sistema para la operación de refuerzo de la señal. La introducción del "retardo deliberado" se puede usar también en conjunto con cualquier otro algoritmo conocido de procesamiento de la señal.

50 La explicación anterior es también importante para el enlace directo de la unidad de Red 1002 y de la unidad de Usuario 2002, y por lo tanto el "retardo" y "Filtrado de Canal" anterior, con la ayuda de la señal de calibración del enlace directo (no incluida en las figuras 12 y 13) se realiza en el enlace directo de la unidad de Red 1002 (o la unidad de Usuario 2002).

55 Otras técnicas, tales como el uso de polarización vertical para las unidades de antena 1004 y 1006, y polarización horizontal para las antenas 2034 y 2036 puede mejorar adicionalmente el rendimiento del sistema. Es posible también mejorar el rendimiento del sistema mediante el uso de antenas direccionales, como en los sistemas de reforzador y repetidor convencionales.

60 La descripción del flujo de control dada para las figuras 7, 8, 9, 10 y 11, con modificaciones menores, se puede usar también para la implementación digital de la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002, que se explicaron anteriormente en las figuras 12 y 13.

65 La descripción ilustrativa es solamente un ejemplo de cómo se puede implementar el sistema, y no es el único método y solución posible. Han de observarse varios puntos, según sigue:

1. La unidad de Red 1002 puede controlar varias unidades de Usuario, tal como la unidad de Usuario 2002. En dichos ajustes, el flujo de control de ejemplo, mostrado en las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 puede modificarse de modo que la unidad de Red 1002 pueda inicializar cada unidad de Usuario independientemente. Para una operación estable, la ganancia de la unidad amplificadora 1054 de ganancia variable de la unidad de Red 1002 en el enlace inverso se fija para la mínima Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , para operación con todas las unidades de Usuario activas. De ese modo, la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , se basa en los cálculos de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , (es decir $PL_{dl} \approx PL_{ul}$), se usa la ganancia de amplificador 2028 mínima para todas las unidades de Usuario en el enlace directo bajo el control de la unidad de Red 1002.

2. Otra modificación usada para operación de múltiples unidades de Usuario (varias unidades de Usuario 2002) es que las mediciones de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , y la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} , se pueden llevar a cabo con todas las unidades de Usuario bajo el control de la unidad de Red 1002 (incluyendo la unidad de Red 1002 en sí), activas de modo que los niveles agregados de potencia de la señal no excedan la Ganancia el Enlace del Sistema en el Enlace Descendente, G_{dl} , deseable o la Ganancia de Enlace del Sistema en el Enlace Ascendente, G_{ul} . Si la señal combinada desde las unidades de Usuario supera el nivel aceptable para las ganancias de enlace del sistema tanto el enlace inverso como directo, se reducen las ganancias de amplificador apropiadas en incrementos de saltos iterativos a un nivel tal que la ganancia de enlace del sistema máxima permitida, o los enlaces directo e inverso se cumplan.

3. Se puede incluir un hardware adicional, similar al generador y transmisor de la señal de calibración 1058, y el receptor de la señal de calibración 1016 en la trayectoria del enlace directo de o bien la unidad de Red 1002 o bien la unidad de Usuario 2002, para evaluar la Pérdida Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , independientemente (para cada unidad de Usuario 2002 controlada por la unidad de Red 1002).

4. Aunque la trayectoria de señal tanto para la unidad de Red 1002 como para la unidad de Usuario 2002, en el enlace directo, está constantemente activo, para reforzar las transmisiones de balizamiento (BCCH en GSM) de las estaciones base, la trayectoria de la señal en la trayectoria del enlace inverso de la unidad de Red 1002 y de la unidad de Usuario 2002 pueden estar inactivos, a menos que se detecte un nivel de señal sustancial (es decir "regulado"). Por lo tanto, en la unidad de Usuario 2002, en base al nivel de potencia de señal recibida en el enlace inverso, que se puede medir después de la unidad LNA 2038 o de la unidad de Acondicionamiento de Señal 2046, la unidad microcontroladora 2054 conmuta la unidad amplificador de GV 2052 a "OFF" si el nivel de potencia de la señal está por debajo del umbral deseado, o a "ON" si el nivel de potencia de la señal está por encima del umbral deseado. Igualmente, en la unidad de Red 1002, en base a nivel de potencia de señal recibido en el enlace inverso, que se puede medir después de la unidad LNA 1040 o en la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048, la unidad microcontroladora 1060 conmuta la unidad del amplificador de GV 1054 a "OFF" y si el nivel de potencia de señal está por debajo del umbral deseado, o a "ON" si el nivel de potencia de la señal está por encima del umbral deseado. Se tiene cuidado de que la operación "regulada" del enlace inverso no interfiera con la trayectoria de señal de calibración y el mecanismo que implica a las unidades 1058 y 1026. Por lo tanto, o bien la operación "regulada" se sustituye por una operación continua durante el proceso de calibración, o donde es posible, se coloca una calibración del enlace directo y se usa de una manera similar al mecanismo del enlace inverso para los cálculos tanto de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Descendente, PL_{dl} , como de la Pérdida de Trayecto del Sistema en el Enlace Ascendente, PL_{ul} .

5. Con ciertas modificaciones en el hardware y software de control, es posible mezclar la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario y 2002 en una única unidad, conectada "espalda con espalda". El diseño y operación de la opción espalda con espalda se muestra en la figura 15 y se explican más adelante.

6. Es posible también transmitir el código de identidad único de la unidad de Red 1002, y opcionalmente la localización del dispositivo, a la red celular. La información se puede usar para localizar a un usuario en un entorno interior, por ejemplo mediante la generación de unos datos altamente codificados (protegidos), en baja tasa de bits, que contengan un preámbulo conocido largo, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad de Red 1002. La información se puede conformar entonces en pulsos para una baja fuga espectral y superponerse en la señal del enlace inverso de un canal dado mediante el esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad de Red 1002. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular en operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envolvente constante tal como GMSK, se puede usar la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para sistemas CDMA, con un control de la potencia del enlace inverso rápido, se puede usar DBPSK como el esquema de modulación. La extracción de la información desde la señal de canal recibida en la estación base puede mejorar mediante modificaciones en el receptor de la estación base, pero esto no afecta a la operación normal del enlace celular.

Los puntos observados son aplicables a muchas diferentes implementaciones del reforzador digital.

Reforzador Espalda con Espalda

En una disposición Espalda con Espalda, la transmisión y la recepción en la banda U-NII y el enlace de control que existe entre la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702 es superflua. La figura 14 representa una implementación analógica de ejemplo de una disposición de ese tipo, en la que el reforzador se coloca donde existe una buena señal de cobertura, en interior o exterior. La unidad en conexión espalda con espalda 2252 consiste en las antenas 2254, 2256, 2282 y 2280, todas operando en el espectro celular de interés. Las antenas 2254 y 2256 se conectan al conmutador de RF 2258, en donde se proporciona operación de diversidad de antenas conmutadas para la operación de transmisión y recepción tal como se ha explicado para la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702. En el enlace directo, la unidad de conmutación de RF 2258 se conecta a la unidad de filtro dúplex 2260. La unidad de filtro dúplex 2260 se conecta a la LNA 2288 en la unidad de enlace Directo 2264. La LNA 2288 se conecta a la unidad de filtro 2286. La unidad de filtro paso banda 2286 se puede diseñar para pasar todo o una parte deseada del espectro celular de interés, o puede ser un banco de filtros paso banda solapados, que cubran el espectro completo del sistema celular de interés, con un conmutador de RF, de modo que puedan seleccionarse la banda y el ancho de banda deseados. La unidad de filtro 2286 se conecta al amplificador de ganancia variable 2284. La ganancia de la unidad amplificadora de GV 2284 se ajusta mediante la unidad microcontroladora 2270. La unidad amplificadora de ganancia variable 2284 se conecta al filtro dúplex 2276. El filtro dúplex 2276 se conecta al conmutador de RF 2278. Las antenas 2282 y 2280 se conectan ambas al conmutador de RF 2278. En el enlace inverso, la unidad conmutadora de RF 2278 se conecta al filtro dúplex 2276. La unidad de filtro dúplex 2276 se conecta a la unidad acopladora direccional 2274. La unidad acopladora direccional 2274 se conecta al receptor de la señal de calibración 2272 y al LNA 2290 en la unidad de enlace Inverso 2266. La unidad receptora de la señal de calibración 2272 que se acopla a la trayectoria de recepción del enlace inverso de la unidad de refuerzo 2252, mediante el acoplador direccional 2272, usando el código PN y la fase de código de transmisión conocidos es capaz entonces de detectar y demodular la señal de calibración transmitida por la unidad 2268, que ha entrado en la trayectoria del enlace inverso a través del mecanismo de bucle cerrado mencionado que existe entre las unidades de antena 2254, 2256 y las unidades de antena 2280, 2282. La unidad receptora de la señal de calibración 2272 es capaz del establecimiento de la intensidad de la señal recibida, que se usa entonces para estimar la Pérdida de Trayecto del Sistema del Enlace Ascendente, PL_{ul} . La LNA 2290 se conecta a la unidad de filtro 2292, que se conecta a la unidad amplificadora de ganancia variable 2294. El filtro paso banda 2292 se puede diseñar para pasar todo o una parte deseada del espectro celular de interés, o puede ser un banco de filtros paso banda solapados, que cubran el espectro completo del sistema celular de interés, con un conmutador de RF, de modo que se pueda seleccionar la banda y ancho de banda deseados. La ganancia de la unidad amplificadora de GV 2294 se fija por la unidad microcontroladora 2270. El amplificador variable 2294 se conecta a la unidad acopladora direccional 2262. La unidad acopladora direccional 2262 se conecta a la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 2268, y al filtro dúplex 2260. El microcontrolador 2270 se conecta a la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 2268, al receptor de la señal de calibración 2272, a la unidad de enlace Inverso 2266 y a la unidad del enlace Directo 2264. Se conecta una unidad de interfaz de usuario 2271 simple, que puede ser un teclado o un simple conjunto de interruptores, a la unidad microcontroladora 2270.

A que pueden eliminarse muchas unidades funcionales de la unidad de Red 602 y de la unidad de Usuario 702 en la unidad en espalda con espalda 2252, la operación de las unidades restantes del reforzador permanecen fundamentalmente las mismas que las descritas para la unidad de Red 602 y la unidad de Usuario 702. La transmisión y recepción de la señal de calibración se muestra solo para el enlace Inverso. Sin embargo, se puede situar el mismo mecanismo para el enlace directo si se desea, lo que también, da como resultado un mejor rendimiento del sistema. Dado que las unidades de antena 2254, 2256, 2282 y 2280 se colocan próximas entre sí, se puede proporcionar un aislamiento de antena para antenas altamente direccionales, lo que incrementa las relaciones de radiación delante a atrás.

El código de identidad único de la unidad 2252 y opcionalmente la localización del dispositivo se pueden transmitir a la red celular. La información se puede usar para localizar a un usuario en un entorno interior, por ejemplo mediante la generación de unos datos altamente codificados (protegidos), con baja tasa de bits, que contengan un preámbulo largo conocido, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad 2252. La información se puede conformar en impulsos para baja fuga espectral y superponerse sobre la señal del enlace inverso de un canal dado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad 2252. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular en operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envoltura constante tal como GMSK, se puede usar la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para sistemas CDMA con un control de potencia del enlace inverso rápido, se puede usar DBPSK como el esquema de modulación. La extracción de información desde la señal del canal recibida en la estación base puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no tiene efecto en la operación normal del enlace celular.

La figura 15 representa un ejemplo de implementación digital de una disposición Espalda con Espalda, en donde el reforzador se coloca donde existe una buena cobertura de señal, en interior o exterior. La unidad en espalda con espalda 2302 consiste en las antenas 2304, 2306, 2328 y 2330, todas operando en el espectro celular de interés. Las antenas 2304 y 2306 se conectan al conmutador de RF 2308, en donde se proporciona operación de diversidad de antenas conmutadas para la operación de transmisión y recepción tal como se ha explicado para la unidad de

Red 1002 y la unidad de Usuario 2002. En el enlace directo, la unidad de conmutación de RF 2308 se conecta a la unidad de filtro dúplex 2310. La unidad de conmutación de RF 2308 se conecta también al microcontrolador 2350. La unidad de filtro dúplex 2310 se conecta a la LNA 2312. La unidad acopladora direccional 2311 se conecta a la salida de la LNA 2312, y a la unidad receptora de calibración 2305. El receptor de calibración 2305 se conecta también al microcontrolador 2350. La unidad acopladora direccional 2311 se conecta también a la unidad de conversión de frecuencia 2313. El convertidor de frecuencia 2313 se conecta a la unidad de control de ganancia automática (AGC) 2314. El convertidor de frecuencia 2313 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante desde la banda celular a la banda base, o a la banda de frecuencia "próxima a la banda base". La unidad de conversión de frecuencia 2313 incluye el filtrado apropiado para la operación correcta de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2313 se fija por la unidad microcontroladora 2350. La unidad AGC 2314 se conecta a la unidad de Conversión Analógico a Digital (AD/C) 2316. La AGC 2314 es opcional, y su tarea es situar el nivel de señal recibida sustancialmente próximo a la mitad del intervalo dinámico del AD/C 2316. Si se incluye, el diseño y operación de la unidad 2314 se configuran de modo que en presencia de baja potencia de señal, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad AGC 2314. También se tiene cuidado de modo que la contribución de ganancia de la unidad AGC 2314 se compense en los cálculos de la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Descendente, G_{dl} , o alternativamente el valor de ganancia del AGC 2314 se compense por la unidad SC 2318. Si no se incluye la unidad AGC 2314, la unidad AD/C 2316 soporta un intervalo dinámico apropiado, que puede ser tan alto como 144 dB (24 bits). La unidad AD/C 2316 se conecta a la unidad Acondicionadora de Señal 2318. La unidad Acondicionadora de Señal 2318 realiza tareas tales como filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación deseada, conversión de frecuencia, estimación del nivel de señal, algoritmo AGC, y cualquier otra característica que use el acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, el filtro de selección de canal que se puede implementar como filtros poli-fase se puede fijar para un ancho de banda de operación dado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro del enlace directo celular o PCS o espectro de frecuencias deseado. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operacional y la carga de las operaciones soportadas, por ejemplo el filtrado, la unidad de Acondicionamiento de Señal 2318 puede implementarse mediante una variedad de tecnologías tales como FPGA, ASIC y DSP de propósito general tal como el procesador TMS320C6416-7E3 de Texas Instruments. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2318 incluye las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2318 se conecta a la unidad de Conversión Digital a Analógico (DA/C) 2320. La unidad DA/C 2320 incluye el filtrado posterior que sea apropiado en la conversión digital a analógica. La unidad DA/C 2320 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2321. La unidad de conversión de frecuencia 2321 eleva las frecuencias de la señal de entrada a la banda original de frecuencias celulares. La unidad de conversión de frecuencia 2321 incluye el filtrado apropiado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2321 se fija por la unidad microcontroladora 2350. La unidad de conversión de frecuencia 2321 se conecta a la unidad amplificadora de ganancia variable 2322, que se conecta a la unidad acopladora direccional 2325. La ganancia de la unidad amplificadora de GV 2322 se fija por la unidad microcontroladora 2350. La unidad acopladora direccional 2325 se conecta a la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 2323 y al filtro dúplex 2324. La unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 2323 también se conectan al microcontrolador 2350. El filtro dúplex 2324 se conecta al conmutador de RF 2326. Las antenas 2328 y 2330 se conectan ambas al conmutador de RF 2326.

En el enlace inverso, la unidad de conmutación de RF 2326 se conecta a la unidad de filtro dúplex 2324. La unidad de conmutación de RF 2326 se conecta también al microcontrolador 2350. La unidad de filtro dúplex 2324 se conecta a la LNA 2332. La unidad LNA 2332 se conecta a la unidad acopladora direccional 2334. La unidad acoplador direccional 2334 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2335. El convertidor de frecuencia 2335 se conecta a la unidad de Control de Ganancia Automática (AGC) 2336. El convertidor de frecuencia 2335 convierte la banda de frecuencia de la señal entrante desde la banda celular a la banda base, o a la banda de frecuencia "próxima a la banda base". La unidad de conversión de frecuencia 2335 incluye el filtrado para la operación correcta de la cadena receptora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2335 se fija por la unidad microcontroladora 2350. La unidad acopladora direccional 2334 también se conecta a la unidad receptora de la señal de calibración 2348. La unidad de conversión de frecuencia 2335 se conecta a la unidad AGC 2336. La unidad AGC 2336 se conecta a la unidad de Conversión Analógico a Digital (AD/C) 2338. La AGC 2336 es opcional, y su tarea es situar el nivel de señal recibida sustancialmente próximo a la mitad del intervalo dinámico del AD/C 2338. Si se incluye, el diseño y operación de la unidad 2336 se configuran de modo que en presencia baja potencia de señal, el ruido dentro del ancho de banda de operación no domine la operación de la unidad AGC 2336. También se tiene cuidado de modo que la contribución de ganancia de la unidad AGC 2336 se compense en los cálculos finales de la Ganancia del Enlace del Sistema de Enlace Ascendente, G_{ul} , o alternativamente el valor de ganancia del AGC 2336 se compense por la unidad SC 2340. Si no se incluye la unidad AGC 2336, la unidad AD/C 2338 soporta un intervalo dinámico apropiado, que puede ser tan alto como 144 dB (24 bits). La unidad AD/C 2338 se conecta a la unidad Acondicionadora de Señal 2340. La unidad Acondicionadora de Señal 2340 realiza tareas tales como filtrado de selección de canal para la banda de frecuencia de operación deseada, conversión de frecuencia, estimación del nivel de señal, algoritmo AGC, y cualquier otra característica que use el acondicionamiento y procesamiento de señal. Por ejemplo, el filtro de selección de canal que se puede implementar como filtros poli-fase se puede fijar para un ancho de banda de operación dado de 1,3, 5, 10 o 15 MHz, operando en cualquier posición dentro del enlace directo celular o PCS o espectro de frecuencias deseado. Dependiendo de los parámetros del sistema tales como el ancho de banda operacional y la carga de las operaciones

soportadas, tales como el filtrado, la unidad de Acondicionamiento de Señal 2340 puede implementarse mediante una variedad de tecnologías tales como FPGA, ASIC y DSP de propósito general tal como el procesador TMS320C6416-7E3 de Texas Instruments. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2340 incluye las interfaces y memoria apropiadas. La unidad de Acondicionamiento de Señal 2340 se conecta a la unidad de Conversión Digital a Analógico (DA/C) 2342. La unidad DA/C 2342 incluye el filtrado posterior que sea apropiado en la conversión digital a analógica. La unidad DA/C 2342 se conecta a la unidad de conversión de frecuencia 2343, que eleva las frecuencias de la señal de entrada a la parte deseada de la banda de frecuencias celulares o PCS. La unidad de conversión de frecuencia 2343 incluye el filtrado para la operación correcta de la cadena transmisora. La frecuencia de operación de la unidad de conversión de frecuencia 2343 se fija por la unidad microcontroladora 2350. La unidad de conversión de frecuencia 2343 se conecta a la unidad amplificador ha de ganancia variable 2344, que se conecta al unidad acoplador direccional 2346. La ganancia de la unidad amplificadora de GV 2344 se fija por la unidad microcontroladora 2350. La unidad acopladora direccional 2346 se conecta al filtro dúplex 2310. El filtro dúplex 2310 se conecta al conmutador de RF 2308. Las antenas 2304 y 2306 se conectan ambas al conmutador de RF 2308. Se conecta una unidad de interfaz de usuario 2351 simple, que puede ser un teclado o un simple conjunto de interruptores, a la unidad microcontroladora 2350. Las unidades 2305, 2323, 2313, 2321, 2348, 2335, 2343, 2352 y 2350 se conectan todas a la unidad de oscilador local 2356, o derivan su reloj o frecuencias de referencia desde el oscilador local 2356. Las frecuencias de reloj de las unidades de Acondicionamiento de Señal 2318 y 2340 se derivan de una frecuencia de referencia local 2356 proporcionada por la unidad de reloj 2353.

Aunque muchas unidades funcionales de las unidades de Red 1002 y de Usuario 2002 pueden omitirse en la unidad en espalda con espalda 2302, la operación y la función de la mayor parte de las unidades del reforzador 2302 continúan siendo fundamentalmente las mismas que las descritas para la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002. Como anteriormente, la transmisión y recepción de la señal de calibración se muestra solo para el enlace inverso. En la implementación digital de la unidad de refuerzo 2302, los bloques funcionales para la unidad generadora y transmisora de la señal de calibración 2352, y la unidad receptora de la calibración 2348 pueden incluirse en la unidad de Acondicionamiento de Señal 2340 para el enlace ascendente, y la unidad de Acondicionamiento de la Señal 2318 para la operación del enlace descendente. Dado que las unidades de antena 2304, 2306, 2328 y 2330 se colocan próximas entre sí, se puede proporcionar un aislamiento de antena mediante antenas altamente direccionales, lo que incrementa las relaciones de radiación de delante a atrás.

Considerando solamente la operación en el enlace inverso del reforzador 2303, como un ejemplo, las señales recibidas a través de las unidades de antena 2328 y 2330, se retransmiten a través de las unidades de antena 2304 y 2306, con una potencia de señal más alta. Estas señales retransmitidas se pueden recibir de nuevo a través de las unidades de antena 2330 y 2328 (y se han denominado anteriormente como la "Señal de Retorno del Enlace Ascendente"), produciendo una trayectoria de retorno de la señal en el sistema que puede producir inestabilidad en la operación del reforzador. En la implementación digital de la unidad de refuerzo 2302, puede ser posible reducir la magnitud de la señal de retorno (Señal de Retorno del Enlace Ascendente) mediante varias técnicas de procesamiento de señal. La elección, diseño y efectividad de una técnica depende de los parámetros del sistema y condiciones de operación. Se pueden aplicar también los algoritmos de mitigación multi-trayectoria más conocidos para la reducción de la señal de retorno, sin embargo, debido a los retardos de propagación extremadamente pequeños entre las unidades de antena 2304, 2306 y las unidades de antena 2328, 2330, y la resolución temporal limitada del sistema, los algoritmos convencionales de mitigación multi-trayectoria pueden ser en la práctica difíciles y caros de implementar, en el mejor caso, o ineficaces y perjudiciales en el peor. Por lo tanto, se proporciona un ejemplo de una técnica de filtrado, por ejemplo en la sección "Filtrado de canal", donde se usa un retardo "deliberado" en la retransmisión de la señal recibida, para separar la señal de retorno (Señal de Retorno del Enlace Ascendente), de la señal incidente original, en la salida de los terminadores de la unidad de antena 2328 y 2330. Un retardo de aproximadamente 1 μ s asegurará la separación de tiempos de la señal retransmitida, de la señal recibida original, y de ahí la capacidad para mitigar la señal retransmitida por el ejemplo de técnica de filtrado de canal. El retardo se puede introducir en la unidad de Acondicionamiento de Señal 2340, siempre que haya una memoria intermedia de datos de suficiente tamaño disponible. La operación de Filtrado de Canal se puede realizar también mediante la unidad de Acondicionamiento de Señal 2340, o puede realizarse mediante un ASIC o FPGA separado, conectado a la unidad AD/C 2338, y a la unidad de Acondicionamiento de Señal 2340. La señal de calibración se puede usar para finalidades de estimación de canal, de modo que se pueda estimar la amplitud y la fase de la respuesta global del canal (incluyendo la trayectoria de retorno), para el ajuste de los taps de filtrado de canal. La introducción del Filtro del Canal en la trayectoria de señal tiene también un impacto en la operación del esquema de diversidad de antena. Debido a que se realiza la estimación del canal, las operaciones de conmutación de antena se sincronizan de modo que, de entre cuatro posibles, solamente existan dos canales de propagación posibles. Dado que la conmutación (selección) de antenas está bajo el control de la unidad microcontroladora 2350, la estimación del canal puede realizarse para ambas trayectorias de propagación, y se pueden determinar dos conjuntos de coeficientes de Filtro del Canal para la operación de filtrado. Por lo tanto, es posible seleccionar (o conmutar a) los coeficientes de filtro relevantes, sincronizados en armonía con la operación de selección de antena. El mecanismo de Filtrado de Canal no se usa para mitigar totalmente la señal de retorno sino que se usa más bien para suprimir la señal suficientemente de modo que sea posible alguna ganancia del sistema para la operación de refuerzo de la señal. La introducción del "retardo deliberado" se puede usar también en conjunto con cualquier otro algoritmo conocido de procesamiento de la señal.

La explicación anterior es también importante para el enlace directo en la unidad de refuerzo 2302, y por lo tanto el "retardo" y "Filtrado de Canal" anteriores se realizan asimismo en el enlace directo.

5 Otras técnicas, tales como el uso de polarización vertical para las unidades de antena 2304 y 2306, y polarización horizontal para las antenas 2328 y 2330 pueden mejorar adicionalmente el rendimiento del sistema. Es posible también mejorar el rendimiento del sistema mediante el uso de antenas direccionales, tales como en sistemas de refuerzo y repetidores convencionales.

10 Es posible también transmitir el código de identidad único de la unidad 2302, y opcionalmente la localización del dispositivo, a la red celular. La información se puede usar para localizar a un usuario en un entorno interior, por ejemplo mediante la generación de datos altamente codificados (protegidos), con baja tasa de bits, que contengan un preámbulo conocido largo, el código de identidad único y opcionalmente la longitud y la latitud de la unidad 2302. La información se puede conformar entonces en impulsos para una baja fuga espectral y superponerse a la señal del enlace inverso de un canal dado mediante un esquema de modulación apropiado, dentro de la unidad 2302. La elección del esquema de modulación depende del sistema celular en operación. Por ejemplo, para GSM, que disfruta de una modulación de envoltura constante tal como GMSK, se puede usar la modulación de amplitud (con bajo índice de modulación). Para sistemas CDMA con un control de potencia del enlace inverso rápido, se puede usar DBPSK como el esquema de modulación. La extracción de información desde la señal del canal recibida en la estación base puede implicar modificaciones en el receptor de la estación base, pero no tiene efecto en la operación normal del enlace celular.

20 Un ejemplo de diagramas de flujo operacionales del sistema se muestra en la figura 16. Con referencia a las figuras 15 y 16, con el "arranque" o "reposición" de la unidad de refuerzo 2303, la ganancia de los amplificadores de GV 2322 y 2344 se fija siempre al mínimo y se conmuta a "OFF". El sistema se dice que está "operativo" cuando los amplificadores de GV 2322 y 2344 se conmutan a "ON", después del ajuste de ganancia correcto por una instrucción desde el microcontrolador 2350. También, con la acción de "arranque" o "reposición", comienza la operación (etapa 2402), con el microcontrolador 2350 dando instrucciones al receptor de calibración del enlace inverso 2348 para escanear todos los posibles desplazamientos de código (etapa 2404). Si se detecta una potencia de señal sustancial transmitida por otras unidades, que operen dentro de la misma área geográfica, por la unidad receptora 2348 (etapa 2406), las potencias de las señales recibidas se almacenan (etapa 2408). Si no se detecta ninguna señal sustancial (etapa de 2410), el microcontrolador 2350 da instrucciones al receptor de calibración del enlace directo 2305 para escanear todos los posibles desplazamientos de código (etapa 2410). Si se detecta una potencia de señal sustancial transmitida por otras unidades, que operen dentro de la misma área geográfica, por la unidad receptora 2305 (etapa 2416), las potencias de las señales recibidas se almacenan (etapa 2414). Después de que la prueba de todos los posibles desplazamientos de código se acabe para los enlaces directo e inverso del sistema, y si hay otras potencias de señales de unidades detectadas (etapa 2417), las señales recibidas para cada desplazamiento se prueban y se selecciona la mayor potencia de señal (etapa 2412). Si la potencia de la señal seleccionada está por encima del umbral de seguridad (etapa 2418), la unidad 2302 presenta un mensaje de error (etapa 2419) y detiene la operación (etapa 2422). Si la potencia de la señal seleccionada está por debajo del umbral de seguridad, la unidad prosigue a la etapa 2420. Si no se detecta ninguna señal sustancial o las señales detectadas están por debajo del umbral de seguridad (etapa 2416), el microcontrolador 2350 selecciona un desplazamiento de código sin usar (etapa 2420) y da instrucciones a ambas unidades 2323 y 2352 generadoras y transmisoras de la señal de calibración del enlace directo e inverso, que no nos han transmitido hasta el momento, para comenzar la transmisión (etapa 2424). El microcontrolador 2350 da instrucciones también a los receptores de calibración directo e inverso, 2305, 2348 para recibir señales con el desplazamiento de código seleccionado (etapa 2425). En base a las salidas de los receptores de calibración directo e inverso 2305, 2348, el microcontrolador 2350 calcula las ganancias del sistema del enlace ascendente y enlace descendente, G_{ul} y G_{dl} , y las ganancias del amplificador variable posterior para los enlaces directo e inverso (etapa 2426). El microcontrolador 2350 fija las ganancias de las unidades amplificadores de ganancia variable del enlace directo e inverso 2322 y 2346 a los niveles calculados, que hasta el momento han estado al mínimo y "OFF" (etapa 2428). El sistema comienza la operación completa (etapa 2430) con las unidades amplificadores de ganancia variable 2322 y 2346 conmutadas a "ON".

Ejemplo de filtrado del canal

55 El ejemplo proporcionado en el presente documento puede aplicarse al sistema de refuerzo descrito aquí para combatir el efecto del bucle de realimentación mencionado y la Señal de Retorno del Enlace Ascendente mencionada que pueda existir en el enlace inverso del sistema y la Señal de Retorno del Enlace Descendente que pueda existir en el enlace directo del sistema. La técnica de "Filtrado de Canal", explicada en el presente documento, para los enlaces directo e inverso es autónoma y puede aplicarse tanto a ambos como solamente a uno de los enlaces directo o inverso del sistema, y se puede implementar en la unidad de Red 1002 o en la unidad de Usuario 2002 o en ambas. Para explicar el trabajo del filtrado de Canal, se muestra un diagrama de bloques simplificado del reforzador en la figura 17, y solo se explica la operación del enlace inverso para la unidad de Red 1002 y la unidad de Usuario 2002 (el Filtrado de Canal explicado en el presente documento es aplicable a todas las implementaciones digitales). En la representación, no se supone ninguna diversidad de antenas ni para la unidad de Red 2452 (sustancialmente similar a la 1002 en la figura 12) ni para la unidad de Usuario 2454 (que es sustancialmente similar a la 2002 en la figura 13). Los retardos de procesamiento y propagación dentro del sistema

de refuerzo se pueden categorizar según lo siguiente:

- τ_{Us} = retardo de procesamiento de la unidad de Usuario 2454 (relativamente despreciable).
- τ_{P1} = retardo de propagación en la banda sin licencia.
- 5 τ_{Trx} = retardo de procesamiento en el receptor de la unidad de Red 2452 (relativamente despreciable).
- τ_{Ntx} = retardo de procesamiento en el transmisor de la unidad de Red 2452 (relativamente despreciable).
- τ_d = el retardo "deliberado" introducido en la trayectoria de transmisión de la unidad de Red 2452.
- τ_{P2} = el retardo de propagación en la banda sin licencia de la Señal de Retorno del enlace Ascendente.

10 La respuesta a impulso global de la unidad de refuerzo 2451 se muestra en 2464. El pulso incidente original, que entra desde la antena 2462 (A1), llega a la entrada del receptor de la unidad de Red 2452 después de un retardo de τ_f (el pulso se marca como 2468), en el que:

$$\tau_f = \tau_{Us} + \tau_{P1} \cong \tau_{P1}$$

15 El pulso se amplifica y transmite 2470, después del retardo de tiempo τ_d "deliberado", desde la antena 2456 (para cada A4 en la figura 17). La señal transmitida se reintroduce en la antena 2462 (A1) después del retardo de propagación τ_{P2} , y llega a la entrada del receptor de la unidad de Red 2452 después de un retardo de τ_f (marcado como 2472). De modo que el retardo global para la señal de retorno del enlace ascendente en la entrada del receptor de la unidad de Red 2452 se puede establecer como τ_t y es sustancialmente igual a:

$$\tau_t = \tau_{Nrx} + \tau_d + \tau_{Ntx} + \tau_{P2} \cong \tau_d + \tau_{P1} + \tau_{P2}$$

25 El pulso de retorno 2472 se retarda por los retardos de trayectoria de propagación τ_{P1} y τ_{P2} , que pueden ser muy pequeños en el entorno operativo del reforzador. El retardo "deliberado" se introduce para separar suficientemente la Señal de Retorno del Enlace Ascendente del pulso incidente original, de modo que los coeficientes de filtro se puedan estimar fácilmente, y el filtrado se puede realizar más efectivamente. La introducción de otro retardo "deliberado" en la trayectoria de transmisión de la unidad de Usuario 2454 asegura la separación del pulso transmitido de refuerzo y la Señal de Retorno del Enlace Ascendente, una condición que puede ser deseable para reducir el efecto del multi-trayectoria experimentado por el pulso transmitido reforzado sobre la operación de filtrado de canal.

35 En el ejemplo de este caso, la unidad de "Filtrado de Canal" 2512 (en la figura 18) se coloca solamente en el enlace inverso de la unidad de Red 1002. El proceso de filtrado de canal implica la estimación de la respuesta compleja a impulsos de propagación del canal, incluyendo la amplitud y fase de todos los retardos de tiempo, hasta el máximo retardo multi-trayectoria esperado. La respuesta compleja a impulsos del canal, $\mathbf{C}(t, \tau)$, puede proporcionarse mediante la unidad receptora de la señal de calibración 1016 mostrada en la figura 12, dado que la información está fácilmente disponible en la salida de la unidad, para el enlace inverso del sistema. Tómese nota de que en base al diseño descrito del mecanismo de la señal de calibración mostrado en la figura 12 (también en la figura 15), la respuesta a impulsos del canal, proporcionada por la unidad receptora de la señal de calibración 1016, no incluirá las contribuciones de retardos del retardo "deliberado" (τ_d), y los componentes $\tau_{Nrx} + \tau_{Ntx}$. Mientras que $\tau_{Nrx} + \tau_{Ntx}$ es suficientemente pequeño para ignorarlo, se añade el retardo "deliberado" (τ_d) en la respuesta al impulso global, en la unidad de Red 1002, para la estimación de los coeficientes de Filtro del Canal. De modo similar, si la operación de Filtrado de Canal se usa también para el enlace directo, se usa para el enlace una respuesta compleja a impulsos del canal separada. Como resultado, se realiza una técnica de calibración similar a la del enlace inverso sobre el enlace directo. Un ejemplo de la potencia estimada de la respuesta a impulsos del canal, $\mathbf{C}(t, \tau)$, 2510, en la salida del receptor de la señal de calibración 1016 se muestra en la figura 18. La respuesta a impulsos 2510 es para un retardo máximo de 1 μ s, suponiendo una tasa de chips de código PN de la señal de calibración de 5 Mchips/s y 2 muestras por chip. En la figura 18, $\mathbf{C}(t, \tau)$, 2510 tiene tres trayectorias de propagación sustancialmente distinguibles en los retardos de 0,2 (P1), 0,4 (P2) y 1,0 (P3) μ s respectivamente. El retardo de tiempo esperado máximo corresponde a una trayectoria de señal de aproximadamente 300 metros, es razonable para el alcance y entorno operativo del reforzador. El retardo de tiempo máximo de 1,0 μ s, junto con un retardo "deliberado" de 1 μ s ($\tau_d = 1 \mu$ s), se puede implementar usando un filtro FIR complejo de 21 taps, con una separación de taps de un semi-chip, para la operación de Filtrado de Canal. La figura 18 muestra la unidad de Filtrado del Canal 2512. La unidad de Filtrado del Canal 2512 tiene un filtro FIR de 21 taps, 2506, con una separación del retardo de tap de $D = 0,1 \mu$ s, y con coeficientes complejos variables fijados a los valores mostrados en la tabla 2508. La salida del filtro FIR 2506 se conecta a una de las entradas de la unidad sumadora 2504, y la entrada de la unidad de filtro FIR 2506 se conecta a la salida de la unidad sumadora 2504. La otra entrada de la unidad sumadora 2504 se conecta al AD/C 2502. En el ejemplo, el AD/C es la unidad 1046 en la figura 12. El filtro FIR 2506 producirá una réplica de la señal recibida, con el retardo de tiempo deseado con respecto al coeficiente complejo que especifica las magnitudes y las fases de la señal de retorno en el enlace Ascendente recibida, para "limpiar" los componentes primero (P1), segundo (P2) y tercero (P3) de la señal de retorno entrante. El filtro FIR 2506 se puede implementar o bien mediante FPGA, ASIC o por la unidad de Acondicionamiento de Señal 1048 de la figura 12. Los procesos de estimación del canal, $\mathbf{C}(t, \tau)$, y por ello la actualización de los coeficientes del filtro FIR 2506 se realiza continuamente, con una tasa de

actualización que depende del tiempo de coherencia del canal. Por ejemplo, se puede suponer un valor de 100 ms, dado que los canales interiores presentan un elevado tiempo de coherencia. Alternativamente, es posible usar un algoritmo adaptativo tal como LMS normalizado (NMLS), o RLS, convergiendo en la señal de calibración recibida en la unidad de Red 1002, para estimar los coeficientes de filtro, de una forma continuada.

5

Reforzador conectado por cable

La figura 30 muestra un ejemplo de una implementación analógica de la unidad de Red 600 usando un cable de transmisión como el medio físico para la comunicación con la unidad de Usuario 20 (702 en la figura 6). La unidad de Red 602 mostrada en la figura 5 se modifica a la unidad 3005 mostrada en la figura 30 para transmitir, y recibir señales de, la unidad de Usuario 4005 (figura 20), que es la versión modificada de la unidad de Usuario 702 mostrada en la figura 6, a través de un cable capaz de soportar el ancho de banda y las frecuencias de operación de las señales de la unidad de Red 3005 y la unidad de Usuario 4005. La unidad de interfaz por cable 3020 consiste en una unidad de interfaz en línea 3160 que se conecta al cable de transmisión/recepción 3170 y dos combinadores híbridos 3140 y 3150 en el enlace directo y 3150 en el enlace inverso de la sub-unidad de Red 3010. La unidad de interfaz de línea 3160 proporcionará los medios para la adaptación de cargas para la conexión a una línea de transmisión 3170, y otros componentes apropiados tales como amplificadores, convertidores de modulación de frecuencia (funcionalidades de módem), para una transmisión fiable a través de la línea de transmisión 3170. El diseño de la unidad de interfaz de línea 3160 depende de las características de la línea de transmisión 3170, y es bien conocido en la técnica. Por ejemplo, incluso se pueden usar las líneas de alimentación del interior de edificios o líneas telefónicas como la línea de transmisión 3170 (como en homePNA), en donde la unidad de interfaz de línea 3160 se diseña para dicha operación. El combinador híbrido (o acoplador direccional) 3140 se usa para combinar la señal del enlace de control 3110 con la señal del enlace directo. Alternativamente, las salidas de la unidad acopladora direccional 3040 y la unidad enlace de control 3110 pueden conectarse directamente a la unidad de interfaz de línea 3160, en donde se modulan sobre portadoras adyacentes para transmisión simultánea a la unidad de Usuario 4005. El combinador híbrido (o acoplador direccional) 3150 se usa para extraer señal suficiente para la recepción y detección de la señal recibida en el enlace de control 3110. Alternativamente, las entradas a la unidad acopladora direccional 3130 y la unidad de enlace de control 3110 se pueden conectar directamente a la unidad de interfaz de línea 3160, si las señales de control y datos se modulan sobre portadoras adyacentes para transmisión simultánea desde la unidad de Usuario 4005. Es posible también usar combinadores híbridos en lugar de los acopladores direccionales 3040, 3130 y 3085. Es posible también, y es más deseable, colocar el amplificador LNA interno del receptor de la unidad de Red del enlace Inverso 3060 antes del acoplador direccional 3130 (o del sustituto combinador híbrido), en la figura 19.

La operación de las unidades 3015, 3030, 3050, 3120, 3110, 3060, 3100, 3105, 3070, 3074, 3078, 3080, 3085, 3040, 3130 y 3090 en la figura 30 es similar, en operación y descripción, a 640, 624, 604, 620, 628, 606, 626, 627, 614, 610, 608, 612, 618, 630, 616 y 622 respectivamente, como se ha explicado para la figura 5. En la unidad de Red modificada 3005, el acoplador direccional 3040 (630 en la figura 5) se conecta al combinador híbrido 3140, y el acoplador direccional 3130 (616 en la figura 5) se conecta al combinador híbrido 3150.

40

La figura 20 muestra un ejemplo de una implementación analógica de la unidad de Usuario 702 (figura 6) usando un cable de transmisión como el medio físico para la comunicación con la unidad de Red 3005 (602 en la figura 5). La unidad de Usuario 702 mostrada en la figura 6 se modifica a la unidad 4005 mostrada en la figura 20 para transmitir a, y recibir señales de, la unidad de Red 3005, que es la versión modificada de la unidad de Red 602 mostrada en la figura 5, a través de un cable capaz de soportar el ancho de banda y las frecuencias de operación de las señales de las unidades de Red 3005 y de Usuario 4005. La unidad de interfaz por cable 4020 consiste en una unidad de interfaz en línea 4150 que se conecta al cable de transmisión/recepción 4160 y dos combinadores híbridos 4130 en el enlace directo y 4140 en el enlace inverso de la sub unidad de Usuario 4010. La unidad de interfaz de línea 4150 proporcionará los medios para la adaptación de cargas para la conexión a una línea de transmisión 4160, y otros componentes apropiados tales como amplificadores, convertidores de modulación de frecuencia (funcionalidades de módem), para una transmisión fiable a través de la línea de transmisión 4160. El diseño de la unidad de interfaz de línea 4150 depende de las características de la línea de transmisión 4160, y es bien conocido en la técnica. Por ejemplo, incluso se pueden usar las líneas de alimentación del interior de edificios o líneas telefónicas como la línea de transmisión 4160 (como en homePNA), en donde la unidad de interfaz de línea 4150 se diseña para dicha operación. El combinador híbrido (o acoplador direccional) 4140 se usa para combinar la señal del enlace de control 4120 con la señal del enlace inverso. El combinador híbrido (o acoplador direccional) 4130 se usa para extraer señal suficiente para la recepción y detección de la señal recibida en el enlace de control 4120. Es posible también usar combinadores híbridos en lugar del acoplador direccional 4110. Es posible también, y es más deseable, colocar el amplificador LNA interno de la unidad de Red del enlace Directo 4080 antes del acoplador direccional 4110 (o del sustituto combinador híbrido), en el diagrama 20.

60

La operación de las unidades 4015, 4030, 4040, 4050, 4060, 4070, 4075, 4080, 4090, 4100, 4110 y 4120 en la figura 20 es similar, en operación y descripción, a 722, 734, 736, 732, 730, 728, 721, 724, 726, 716, 718 y 720 respectivamente, tal como se explicó para la figura 6. En la unidad de Usuario 4005 modificada, el acoplador direccional 4110 (718 en la figura 6) se conecta al combinador híbrido 4130, y la unidad de Usuario del enlace Inverso 4090 (726 en la figura 6) se conecta al combinador híbrido 4140.

65

ES 2 540 250 T3

Aparte de las diferencias mencionadas, la operación de la unidad de Red 3010 es similar a la operación de la unidad de Red 602 y operación de la unidad de Usuario 4010 es similar a la operación de la unidad de Usuario 702.

5 La descripción del flujo de control dada para las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 se puede usar también para la implementación digital de la unidad de Red 3005 y la unidad de Usuario 4005, que se ha descrito anteriormente en las figuras 19 y 20.

10 La figura 40 muestra un ejemplo de implementación digital de la unidad de Red 5005 (1002 en la figura 12), que usa un cable de transmisión como medio físico para la comunicación con la unidad de Usuario 6005 (2002 en la figura 13). La unidad de Red 1002 mostrada en la figura 12 se modifica a la unidad 5005 mostrada en la figura 40 para transmitir a, y recibir señales de, la unidad de Usuario 6005 (en la figura 50), que es la versión modificada de la unidad de Usuario 2002 mostrada en la figura 13, a través de un cable capaz de soportar el ancho de banda y las frecuencias de operación de las señales de las unidades de Red 5005 y de Usuario 6005. La unidad de interfaz por cable 5020 modificada consiste en una unidad de interfaz de línea 5220, que se conecta al cable de transmisión/recepción 5210 y a la unidad de Módem de Línea 5250.

15 La unidad de interfaz de línea 5220 y la unidad de módem de línea 5250 proporcionarán los medios para la adaptación de cargas para la conexión a la línea de transmisión 5210, y otros componentes adecuados tales como los amplificadores, convertidores de modulación y frecuencia, para una transmisión fiable a través de la línea de transmisión 5210. El diseño de la unidad de interfaz de línea 5220 es dependiente de las características de la línea de transmisión 5210, y es bien conocido en la técnica. Por ejemplo, incluso se pueden usar las líneas de alimentación del interior de edificios o líneas telefónicas como la línea de transmisión 5210 (como en homePNA), en donde la unidad de interfaz de línea 5220 se diseña para dicha operación. La unidad de módem de línea 5250 se puede usar para modulación y de modulación AD/C, DA/C y todas las otras funcionalidades de módem para transmisión de la señal generada por la unidad 5010 y recepción de la señal generada por la unidad 6010. También, el diseño de la unidad de módem 5250 es bien conocido en la técnica, y como tecnologías de ejemplo, se pueden mencionar homePNA y Home Networking. La unidad de módem de línea 5250 se conecta a la unidad multiplexora de datos 5260 y la unidad demultiplexora de datos 5270. La unidad de módem de línea 5250 se puede implementar tanto en tecnología analógica como digital (o una mezcla). En el ejemplo se supone que la unidad de modem de línea 5250 se implementa en el campo digital.

20 La unidad multiplexora de datos 5260 se conecta también a la unidad de Acondicionamiento de Señal 5110 y la unidad del enlace de control 5145, y se usa para el multiplexado de muestras de control generadas por la unidad enlace de control 5145 y las muestras de señal generadas por la unidad de Acondicionamiento de Señal 5110. La unidad multiplexora 5260 se puede integrar dentro de la unidad de Acondicionamiento de Señal 5110. Alternativamente, la salida de la unidad de Acondicionamiento de Señal 5110 y la unidad enlace de control 5140 se pueden conectar por separado a la unidad de módem de línea 5250, en donde se modulan sobre portadoras adyacentes para transmisión simultánea a la unidad de Usuario 6005.

25 La unidad demultiplexora de datos 5270 se conecta también a la unidad de Acondicionamiento de Señal 5130 y a la unidad enlace de control 5145, y se usa para el demultiplexado de muestras de control recibidas y las muestras de señal generadas por la unidad de Usuario 6005. La unidad demultiplexora 5270 se puede integrar dentro de la unidad de Acondicionamiento de Señal 5130. Alternativamente, la entrada a la unidad de Acondicionamiento de Señal 5130 y la unidad de enlace de control 5145 se pueden conectar por separado a la unidad de módem de línea 5250, si las señales de control y datos se modulan sobre portadoras adyacentes para su transmisión simultánea por la unidad de Usuario 6005.

30 En la unidad de Red 5005, la unidad receptora de la señal de calibración (1016 en la figura 12) ya no se implementa por separado. Dado que no hay disponible ninguna trayectoria de señal analógica en el enlace inverso de la unidad de Red 5005, la unidad receptora de la señal de calibración (1016 en la figura 12) se integra y realiza en la unidad de Acondicionamiento de Señal 5130.

35 La operación de las unidades 5110, 5120, 5130, 5140, 5141, 5145, 5300, 5100, 5150, 5090, 5160, 5080, 5170, 5070, 5180, 5190, 5060, 5050, 5040 y 5030 en la figura 30 es similar, en operación y descripción, a 1022, 1024, 1048, 1060, 1061, 1062, 1070, 1020, 1050, 1018, 1052, 1014, 1054, 1012, 1056, 1058, 1010, 1008, 1004 y 1006 respectivamente, tal como se ha explicado para la figura 12.

40 La figura 50 muestra un ejemplo de implementación digital de la unidad de Usuario 6005 (2002 en la figura 13) que usa un cable de transmisión como un medio físico para la comunicación con la unidad de Red 5005 (1002 en la figura 12). La unidad de Usuario 2002 mostrada en la figura 13 se modifica a la unidad 6005, mostrada en la figura 50, para transmitir a, y recibir señales de, la unidad de Red 5005, que es una versión modificada de la unidad de Red 1002, mostrada en la figura 12, a través de un cable capaz de soportar el ancho de banda y las frecuencias de operación de las señales de las unidades de Red 5005 y Usuario 6005. La unidad de interfaz por cable 6020 modificada consiste en una unidad de interfaz de línea 6230 que se conecta al cable de transmisión/recepción 6240 y a la unidad de modem de línea 6220.

ES 2 540 250 T3

5 La unidad de interfaz de línea 6230 y la unidad de Módem de Línea 6220 proporcionarán los medios para la adaptación de cargas para la conexión a la línea de transmisión 6240, y otros componentes adecuados tales como los amplificadores, convertidores de modulación y frecuencia, para una transmisión fiable a través de la línea de transmisión 6240. El diseño de la unidad de interfaz de línea 6230 es dependiente de las características de la línea de transmisión 6240, y es bien conocido en la técnica. Por ejemplo, incluso se pueden usar las líneas de alimentación del interior de edificios o líneas telefónicas como la línea de transmisión 6240 (como en homePNA), en donde la unidad de interfaz de línea 6230 se diseña para dicha operación. La unidad de módem de línea 6220 se puede usar para modulación y de modulación AD/C, DA/C y todas las otras funcionalidades para transmisión de la señal generada por la unidad 6010 y recepción de la señal generada por la unidad 5005. También, el diseño de la unidad de módem 6220 es bien conocido en la técnica, y como tecnologías de ejemplo, se pueden mencionar homePNA y Home Networking. La unidad de módem de línea 6220 se conecta a la unidad multiplexora de datos 6200 y la unidad demultiplexora de datos 6210. La unidad de módem de línea 6220 se puede implementar tanto en tecnología analógica como digital (o una mezcla). En el ejemplo se supone que la unidad de modem de línea 6220 se implementa en el campo digital.

15 La unidad multiplexora de datos 6210 se conecta también a la unidad de Acondicionamiento de Señal 6140 y la unidad del enlace de control 6150, y se usa para el multiplexado de muestras de control generadas por la unidad enlace de control 6150 y las muestras de señal generadas por la unidad de Acondicionamiento de Señal 6140. La unidad multiplexora 6210 se puede integrar dentro de la unidad de Acondicionamiento de Señal 6140. Alternativamente, la salida de la unidad de Acondicionamiento de Señal 6140 y la unidad enlace de control 6150 se pueden conectar por separado a la unidad de módem de línea 6220, en donde se modulan sobre portadoras adyacentes para transmisión simultánea a la unidad de Red 5005.

25 La unidad Demultiplexora de datos 6200 se conecta también a la unidad de Acondicionamiento de Señal 6100 y a la unidad enlace de control 6150, y se usa para el demultiplexado de muestras de control recibidas y las muestras de señal generadas por la unidad de Usuario 5005. La unidad demultiplexora 6200 se puede integrar dentro de la unidad de Acondicionamiento de Señal 6100. Alternativamente, la entrada a la unidad de Acondicionamiento de Señal 6100 y la unidad de enlace de control 6150 se pueden conectar por separado a la unidad de módem de línea 6220, si las señales de control y datos se modulan sobre portadoras adyacentes para su transmisión simultánea por la unidad de Red 5005.

35 La operación de las unidades 6150, 6100, 6110, 6140, 6155, 6151, 6120, 6130, 6090, 6160, 6170, 6080, 6180, 6070, 6190, 6060, 6050, 6030 y 6040 en la figura 50 es similar, en operación y descripción, a 2056, 2020, 2022, 2046, 2054, 2055, 2021, 2023, 2024, 2044, 2042, 2026, 2040, 2028, 2038, 2030, 2032, 2034, y 2036 respectivamente, tal como se ha explicado para la figura 13.

40 La descripción del flujo de control dada para las figuras 7, 8, 9 10 y 11 se puede usar también para la implementación digital de la unidad de Red 5005 y la unidad de Usuario 6005, que se explicaron anteriormente en las figuras 21 y 22.

Aparte de las diferencias mencionadas, la operación de la unidad de Red 5010 es similar a la operación de la unidad de Red 1002 y operación de la unidad de Usuario 6010 es similar a la operación de la unidad de Usuario 2002.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un repetidor (200) que media en el tráfico entre un transceptor de red y un transceptor de usuario en un sistema de comunicación inalámbrico, comprendiendo el repetidor (200):
- una unidad de red (502) que mantiene un enlace de red con el transceptor de red;
 una unidad de usuario (504) que mantiene un enlace de usuario con el transceptor de usuario;
 una trayectoria de comunicación bidireccional entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504); que
 10 facilita la comunicación de señales entre el transceptor de red y el transceptor de usuario en saltos de repetidor autónomos entre el transceptor de red y la unidad de usuario (502), entre el transceptor de usuario y la unidad de usuario (504), y entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504);
 un controlador de ganancia (212) en la unidad de usuario (504) que compensa las pérdidas de propagación de las señales en la trayectoria de comunicación bidireccional entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) solamente; y
 15 un cancelador de eco en cada una de las unidades de red (502) y de usuario (504), que inserta un retardo en la trayectoria de la señal, siendo seleccionando la trayectoria de entre un grupo que consiste en un retardo deliberado en la unidad de red (502), un retardo deliberado en la unidad de usuario (504), y un retardo deliberado tanto en la unidad de red (502) como en la unidad de usuario (504).
- 20 2. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- la unidad de red (502) se configura para colocarse exteriormente a la estructura;
 la unidad de usuario (504) se configura para colocarse interiormente a la estructura; y
 el controlador de ganancia (212) compensa solamente las pérdidas de propagación interior-exterior.
- 25 3. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- el salto de repetidor autónomo entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en la trayectoria de comunicación comunica sobre una señal portadora que es independiente de las señales comunicadas entre el
 30 repetidor (200) y los transceptores de red y de usuario.
4. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- el salto de repetidor autónomo entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en la trayectoria de comunicación comunica a una frecuencia portadora que es independiente de las señales comunicadas entre el
 35 repetidor (200) y los transceptores de red y de usuario.
5. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- el salto de repetidor autónomo entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en la trayectoria de comunicación comunica con una forma de onda de señal que es independiente de la forma de onda de la señal
 40 comunicada entre el repetidor (200) y los transceptores de red y de usuario.
6. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 45 enlaces de datos y/o control inalámbricos dedicados en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) operando en bandas de frecuencia sin licencia.
7. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 50 enlaces de datos y/o control propietarios inalámbricos dedicados en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) operando en bandas de frecuencia sin licencia.
8. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 55 enlaces de datos y/o control inalámbricos dedicados en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en base a normas inalámbricas.
9. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 60 enlaces de datos y/o control cableados dedicados en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) seleccionados de entre los enlaces en un grupo que consiste en cables eléctricos, líneas telefónicas y cables coaxiales.
- 65 10. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

enlaces de datos y/o control cableados dedicados en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en base a una línea de cable estándar.

- 5 11. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
un enlace de control en la banda o fuera de banda en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504).
- 10 12. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
un enlace de control en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) seleccionado de entre un grupo que consiste en Bluetooth, cualquiera de las normas basadas en (802).11 y otras normas inalámbricas.
- 15 13. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
un enlace de control propietario inalámbrico o cableado en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en base a tonos de frecuencia.
- 20 14. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la unidad de red (502) y/o la unidad de usuario (504) comprenden adicionalmente:
un par de antenas (506, 508; 510, 512); y un conmutador conectado al par de antenas (506, 508; 510, 512) que realiza operaciones de conmutación para las operaciones de transmisión/recepción que permiten diversidad de antena conmutada en todos o algunos saltos de repetición y enlaces de comunicación.
- 25 15. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
osciladores locales en la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504); y
30 un enlace de control y/o datos en la trayectoria de comunicación desde la unidad de red (502) a la unidad de usuario (504) que transporta una señal de sincronización para sincronizar mutuamente los osciladores locales.
- 35 16. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
osciladores locales en la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) que se sincronizan usando oscilaciones de la señal de la red de distribución eléctrica para sincronizar mutuamente los osciladores locales.
- 40 17. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) tienen asignados números de identificación únicos.
- 45 18. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
una unidad de identificación y frecuencia de referencia (624) que genera una señal de Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK) modulada por el número de identificación, modula la señal en una parte adecuada de la banda de operación del espectro sin licencia, y conecta la señal a una trayectoria transmisora de un enlace directo (514) de la unidad de red (502).
- 50 19. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
una unidad de identificación y localización que modula la información de identificación y localización en una forma de onda de comunicación del enlace inverso mediante una modulación de baja tasa de bits codificada, siendo la modulación, modulación de amplitud o Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura Diferencial (DQPSK).
- 55 20. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
un generador/transmisor de señal de calibración (622) que genera una señal de espectro distribuido para la generación de la respuesta del canal a un impulso complejo.
- 60 21. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
un generador/transmisor de señal de calibración (622) que genera una señal de espectro distribuido para una generación de la respuesta del canal a un impulso complejo usando una técnica de generación de código seleccionada entre una o más técnicas de entre un grupo que consiste en:
- 65

- generación de onda de espectro distribuido mediante códigos pseudo aleatorios, número dorado, u otros conocidos a priori para todas las unidades;
 generación de fases de código de un código conocido para identificar de modo único todas las unidades de usuario y todas las unidades de red;
- 5 asignación de códigos o fases de código mediante estrategias de asignación dinámica;
 el uso de más de un código para generación de la respuesta del canal a un impulso complejo;
 el uso de más de una fase de código para la generación de la respuesta del canal a un impulso complejo;
 modulación de la señal de espectro distribuido mediante el identificador de la unidad; y
 10 generación de la frecuencia de onda del espectro distribuido en la banda celular de operación o en una banda sin licencia.
22. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 15 al menos un amplificador que refuerza una señal deseada que entra en el repetidor (200) en parte o todo un espectro de señal asignado.
23. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 20 la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) tiene una banda de operación que se determina usando una técnica seleccionada de entre una o más de un grupo que consiste en la preselección de la banda de operación, selección manual de la banda de operación, y selección automática de la banda de operación en base a las señales detectadas.
24. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 25 al menos un amplificador que refuerza una señal deseada que entra en el repetidor (200) por el que la señal procede de sistemas inalámbricos seleccionados de entre uno o más de un grupo que consiste en el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) y todos sus sistemas derivados, cdma2000 (Acceso Múltiple por División de Código), Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), y cualquier otra norma,
 30 y los sistemas que operan en bandas celulares o inalámbricas, así como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
25. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:
- 35 antenas direccionales capaces de aislamiento mutuo de la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) en operación en la banda de frecuencias de la señal reforzada.
26. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1, 3 o 5 que comprende adicionalmente:
- 40 el cancelador de eco en cada unidad de red (502) y de usuario (504), que aísla mutuamente a la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) y opera en una banda de frecuencias de una señal reforzada.
27. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- 45 una trayectoria en el enlace inverso en la trayectoria de comunicación entre la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504), y en el enlace inverso entre la unidad de red y el transceptor de red se regulan en base a la presencia de señal para reducir la interferencia y el consumo de potencia.
28. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- 50 la unidad de red (502) se configura para operar con una pluralidad de unidades de usuario (504).
29. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- 55 la unidad de red (502) y la unidad de usuario (504) se añaden y configuran mecánicamente espalda con espalda en un alojamiento único.
30. El repetidor (200) de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:
- 60 el repetidor (200) opera en una banda de frecuencias sin licencia y es capaz de seleccionar una banda de operación a una frecuencia que no interfiera con otros dispositivos que operen en la banda de frecuencias sin licencia.

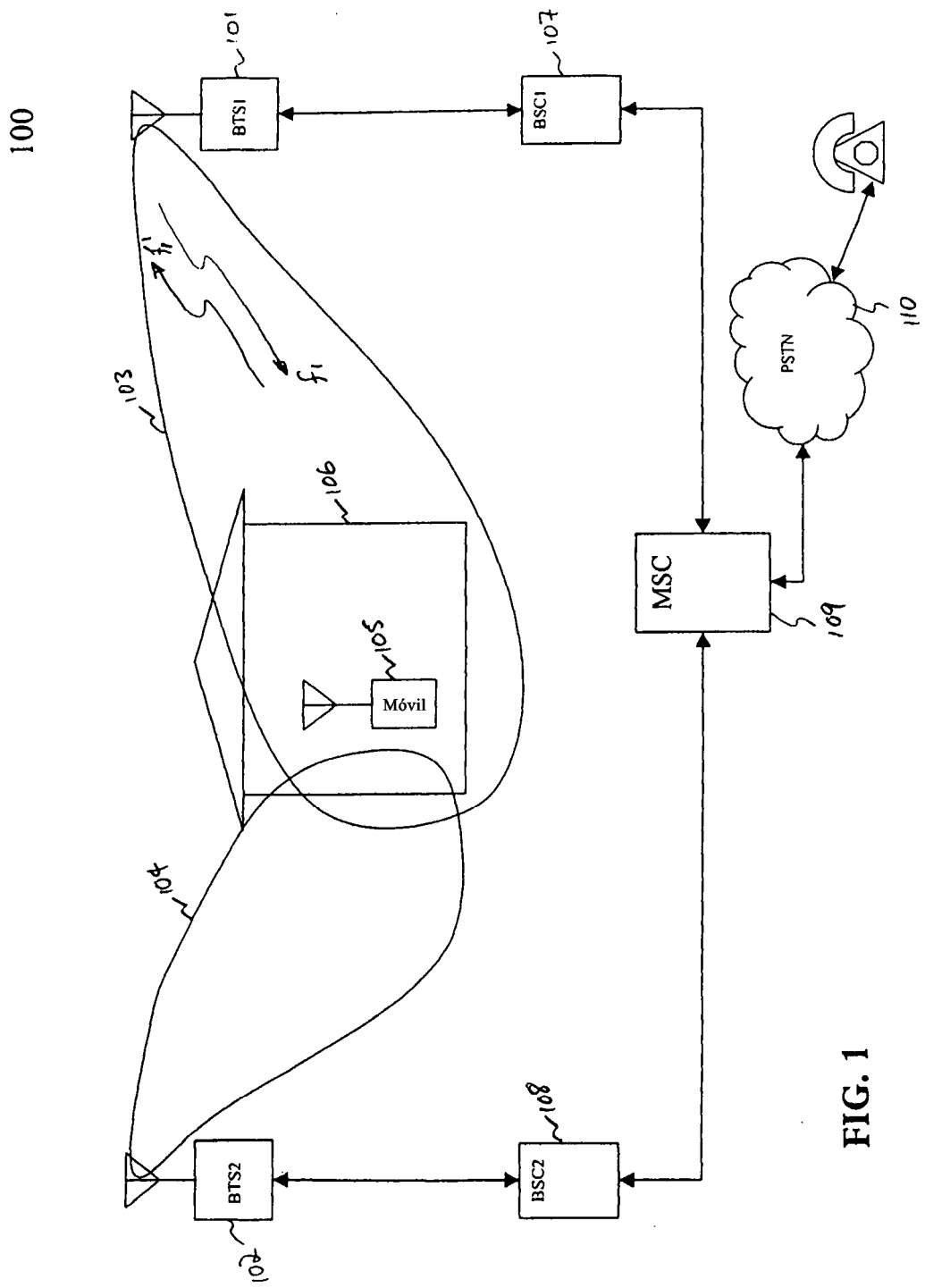


FIG. 1

200

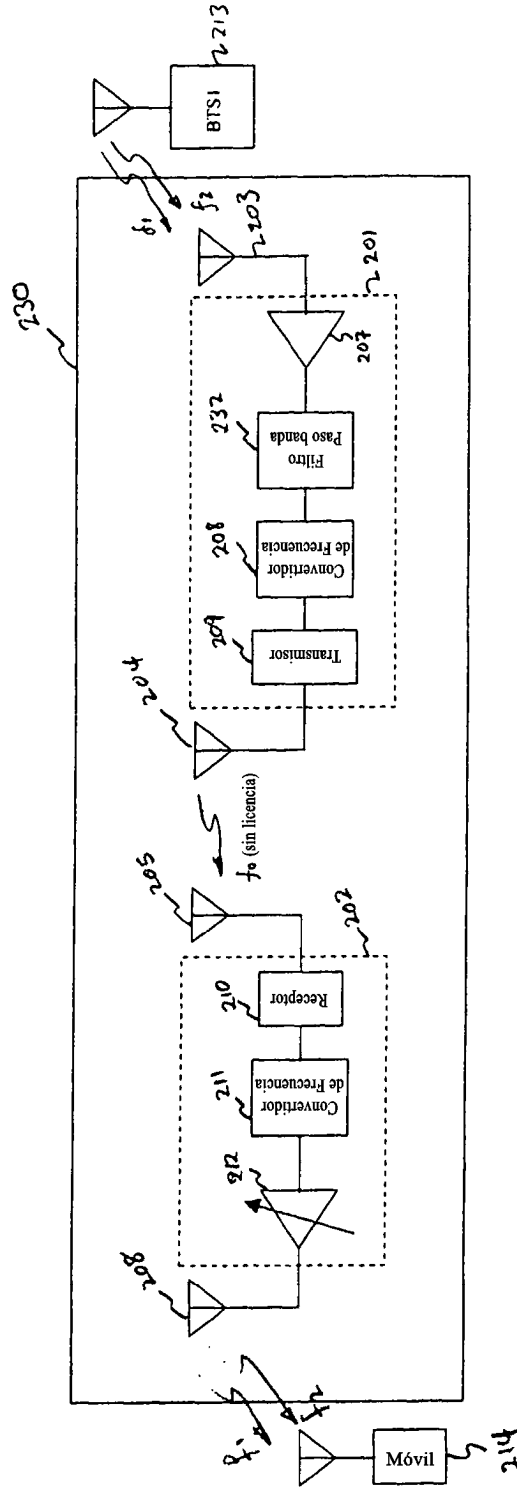


FIG. 2

300

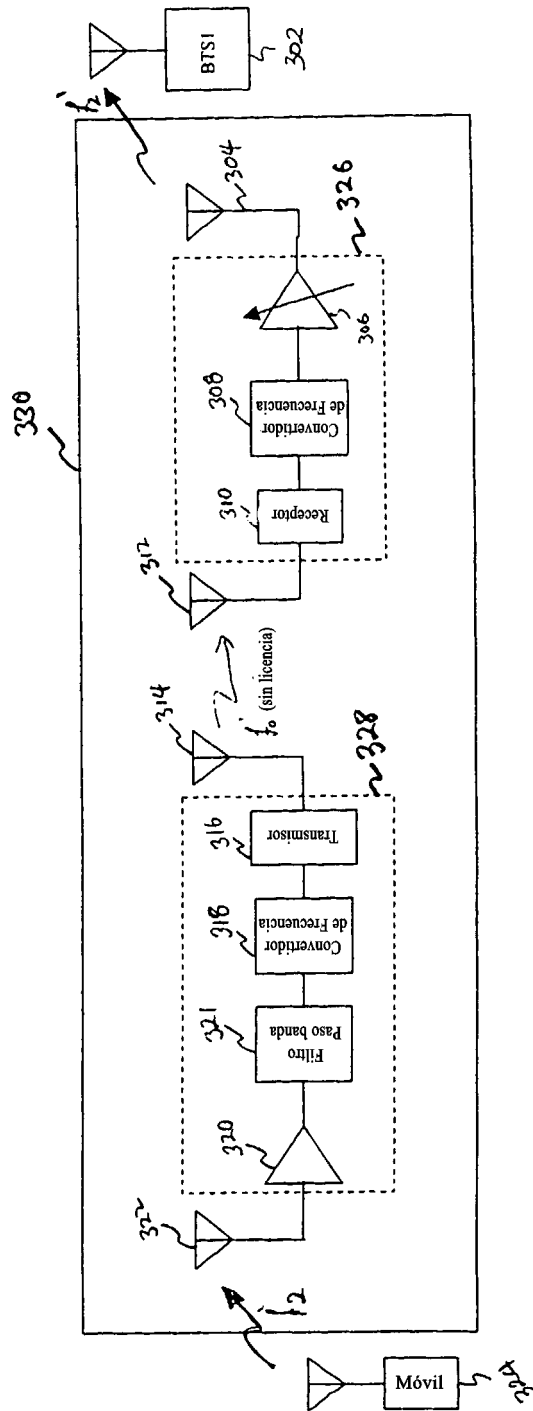


FIG. 3

500

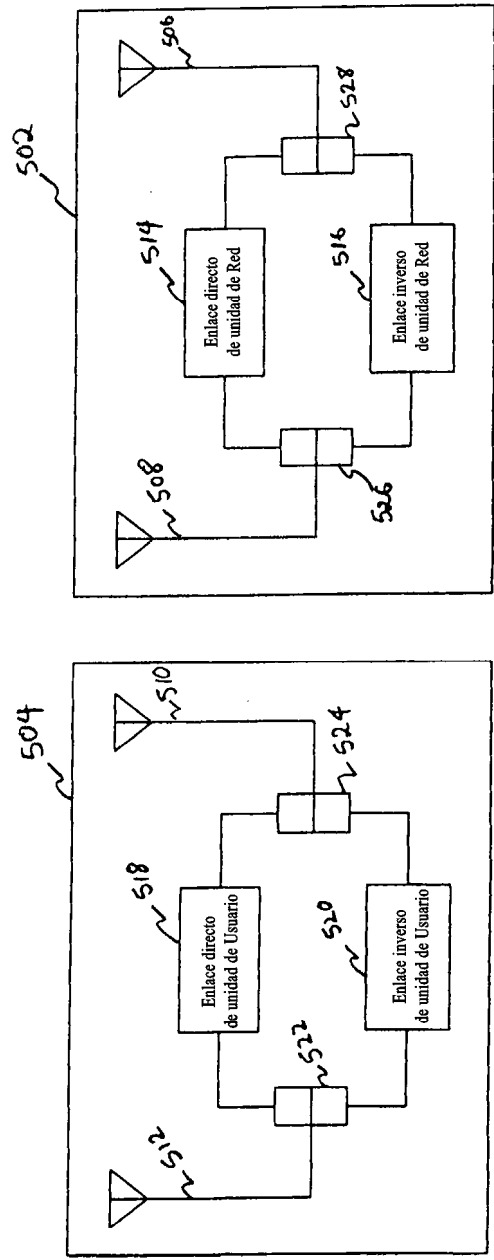


FIG. 4

600

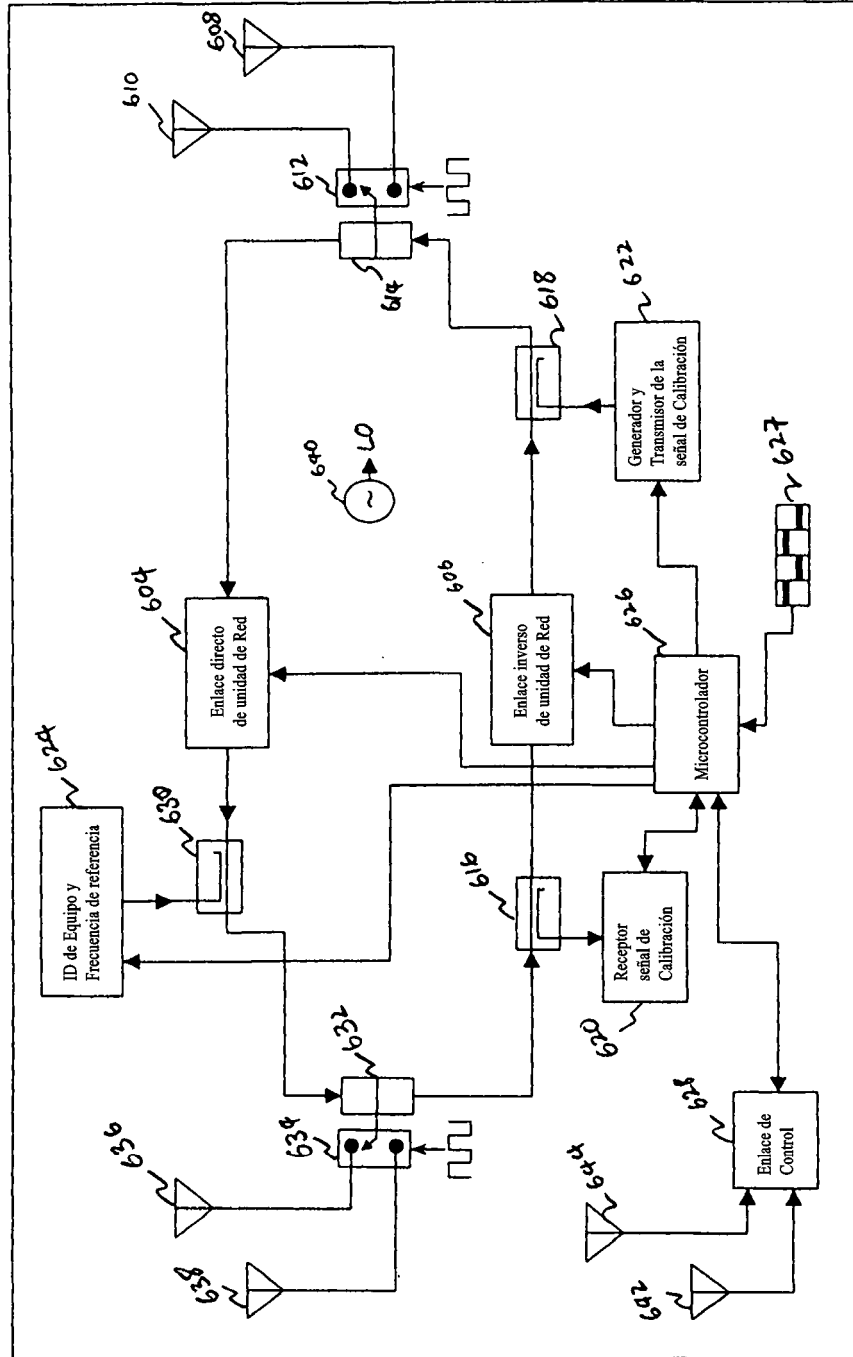


FIG. 5

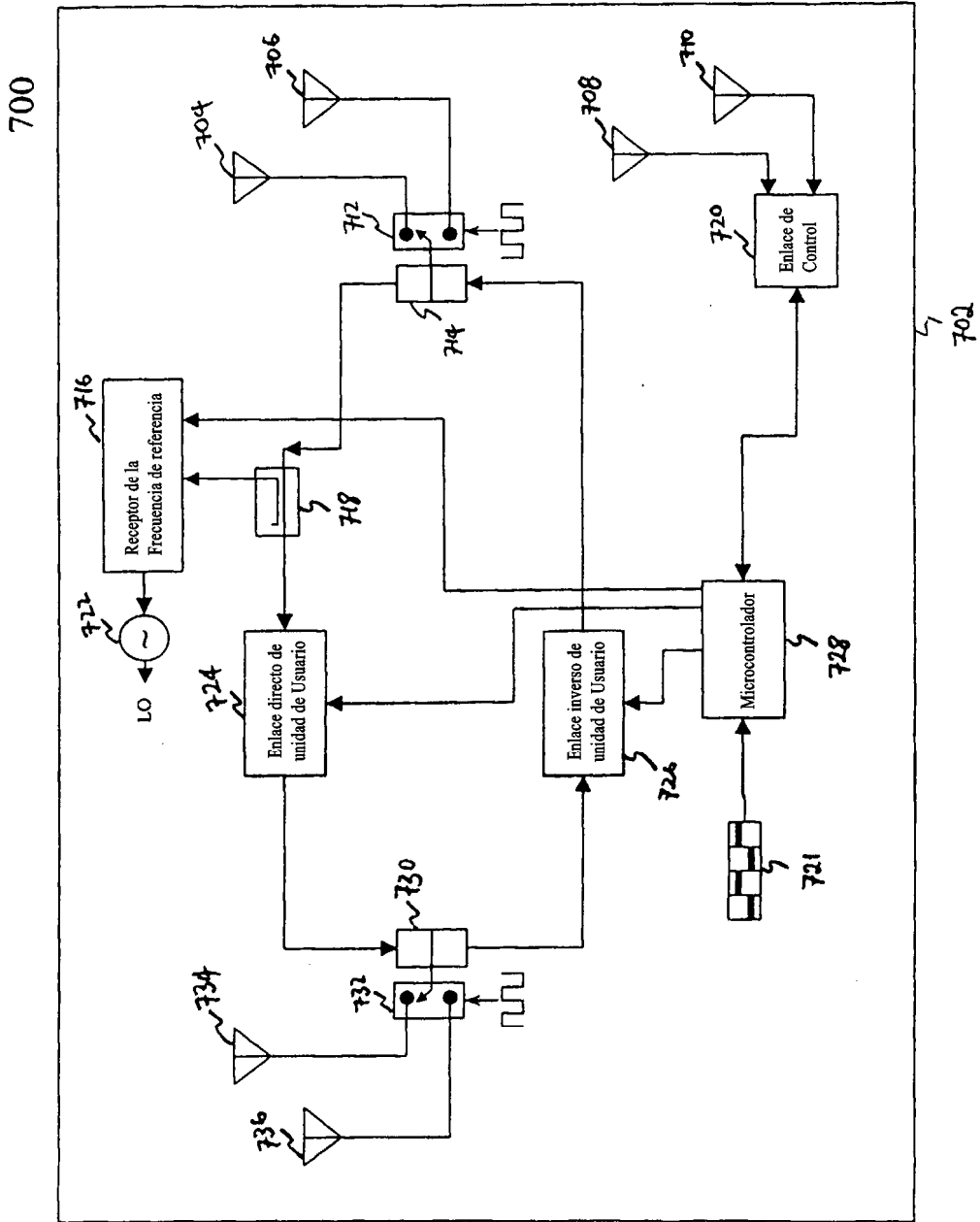


FIG. 6

800

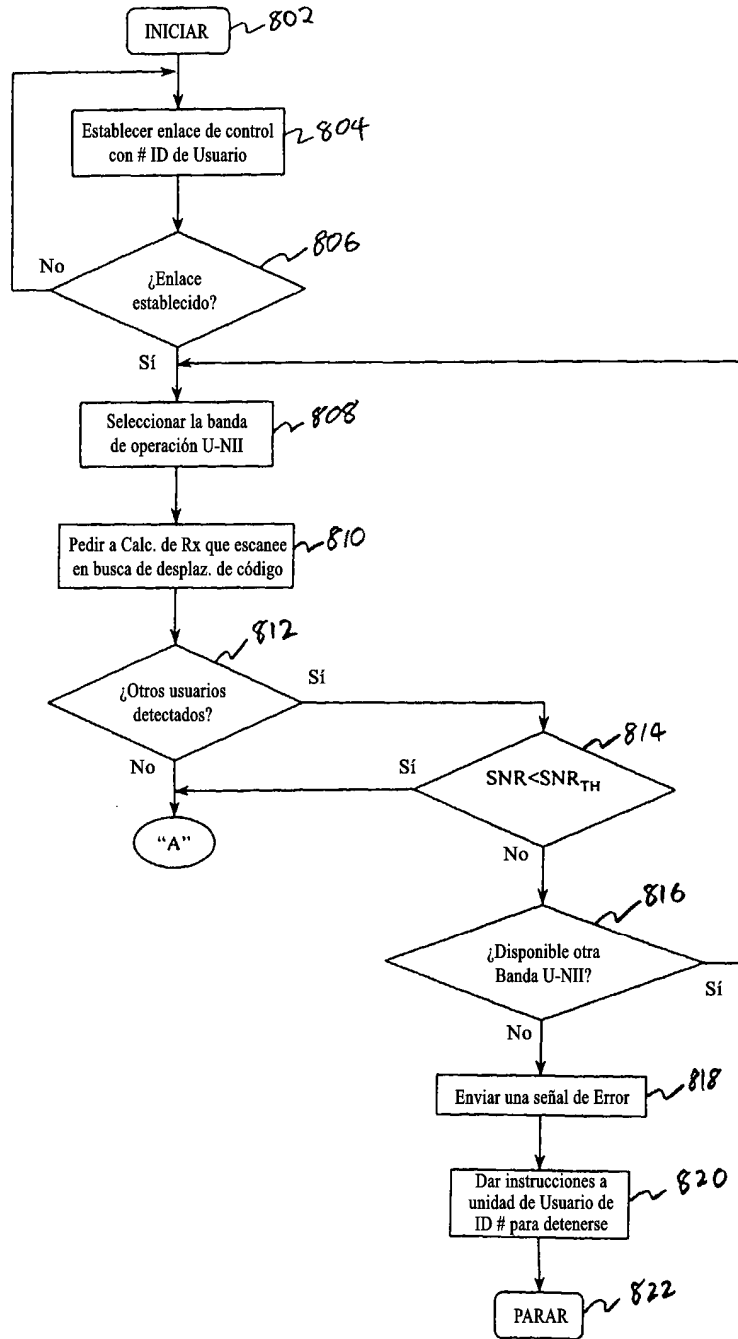


FIG. 7

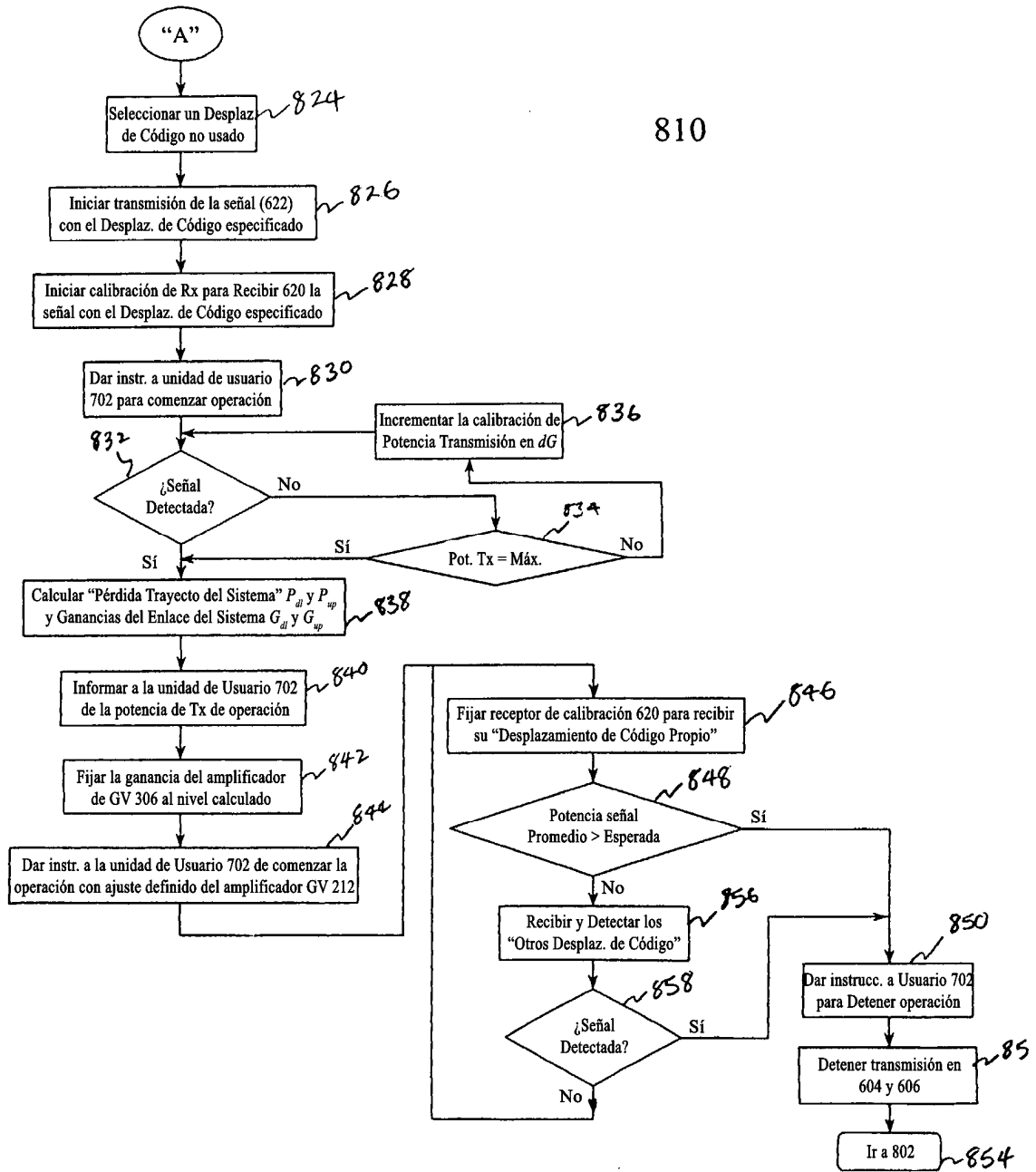


FIG. 8

820

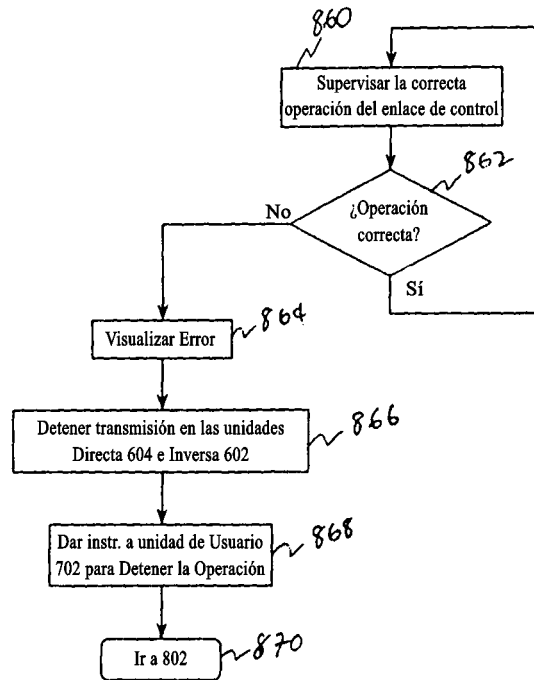


FIG. 9

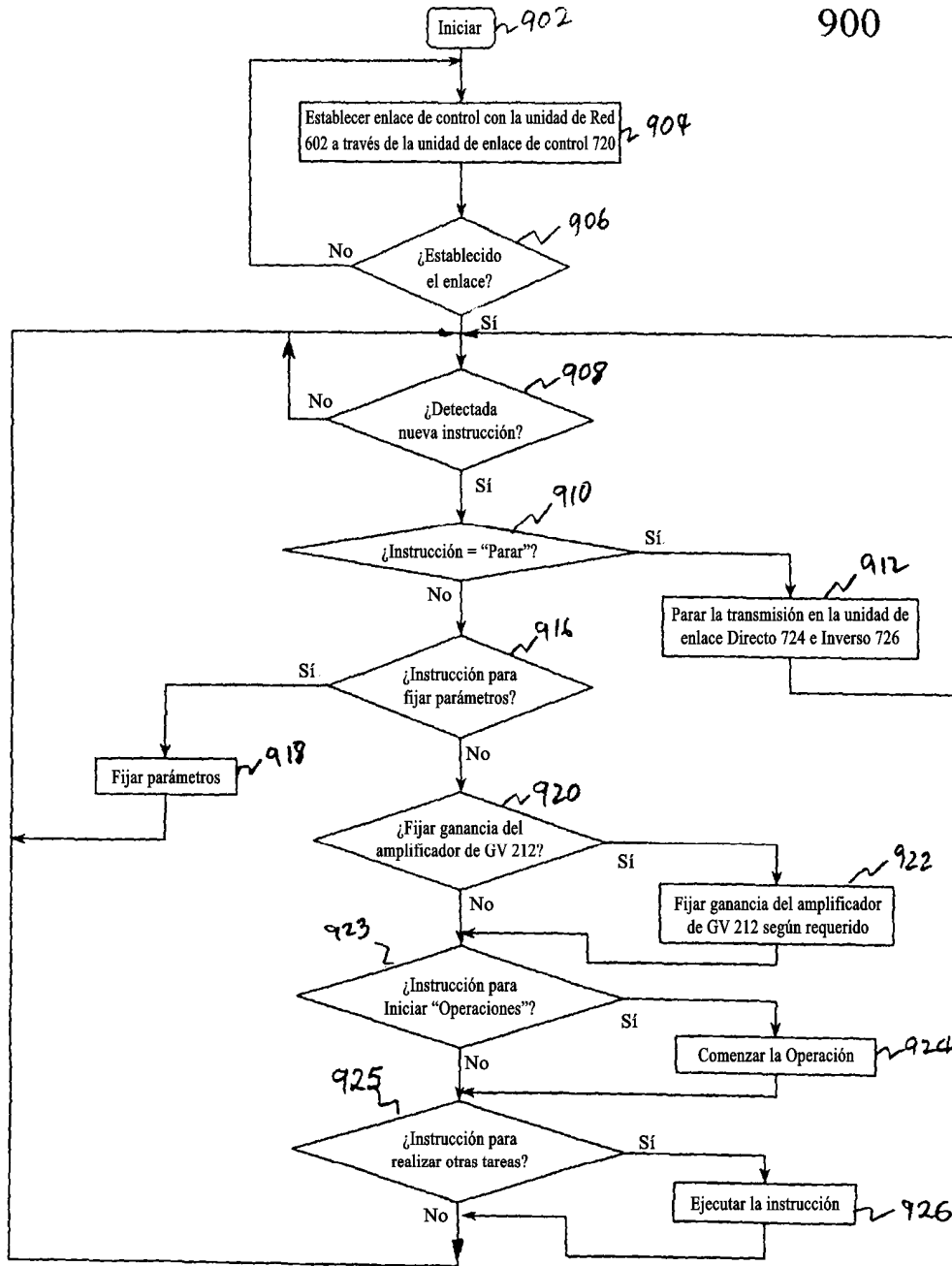


FIG. 10

910

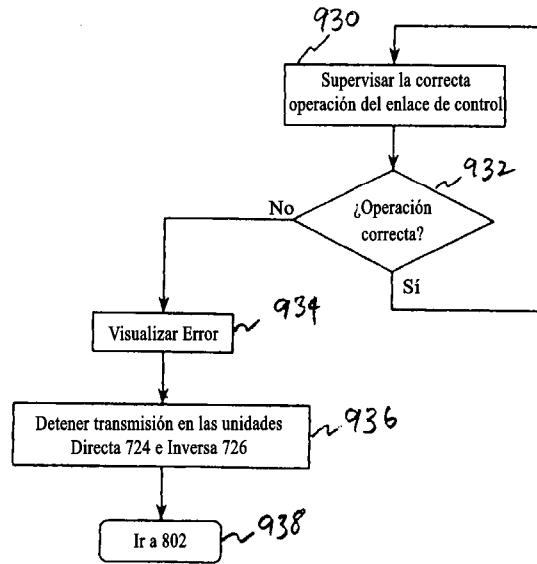


FIG. 11

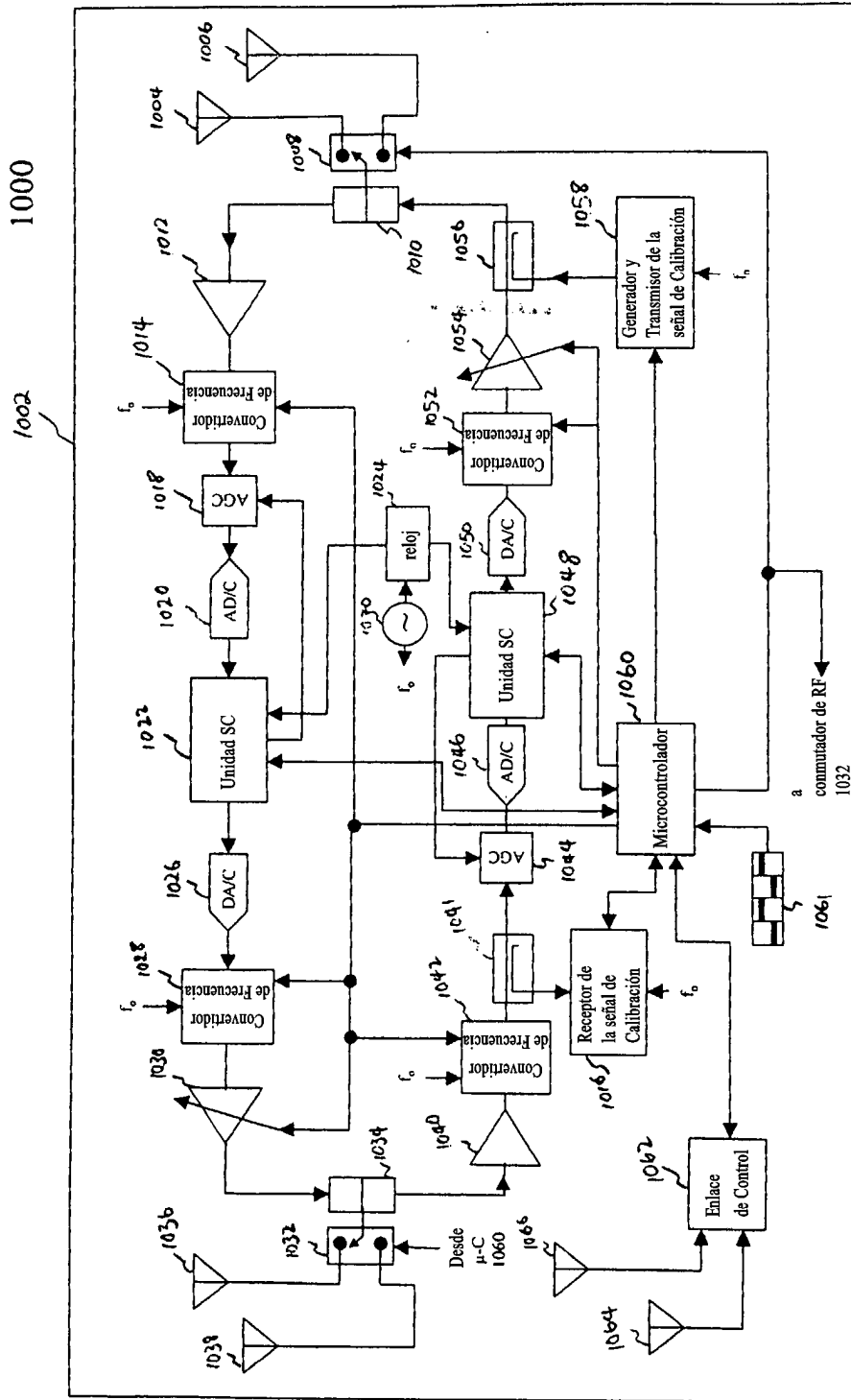


FIG. 12

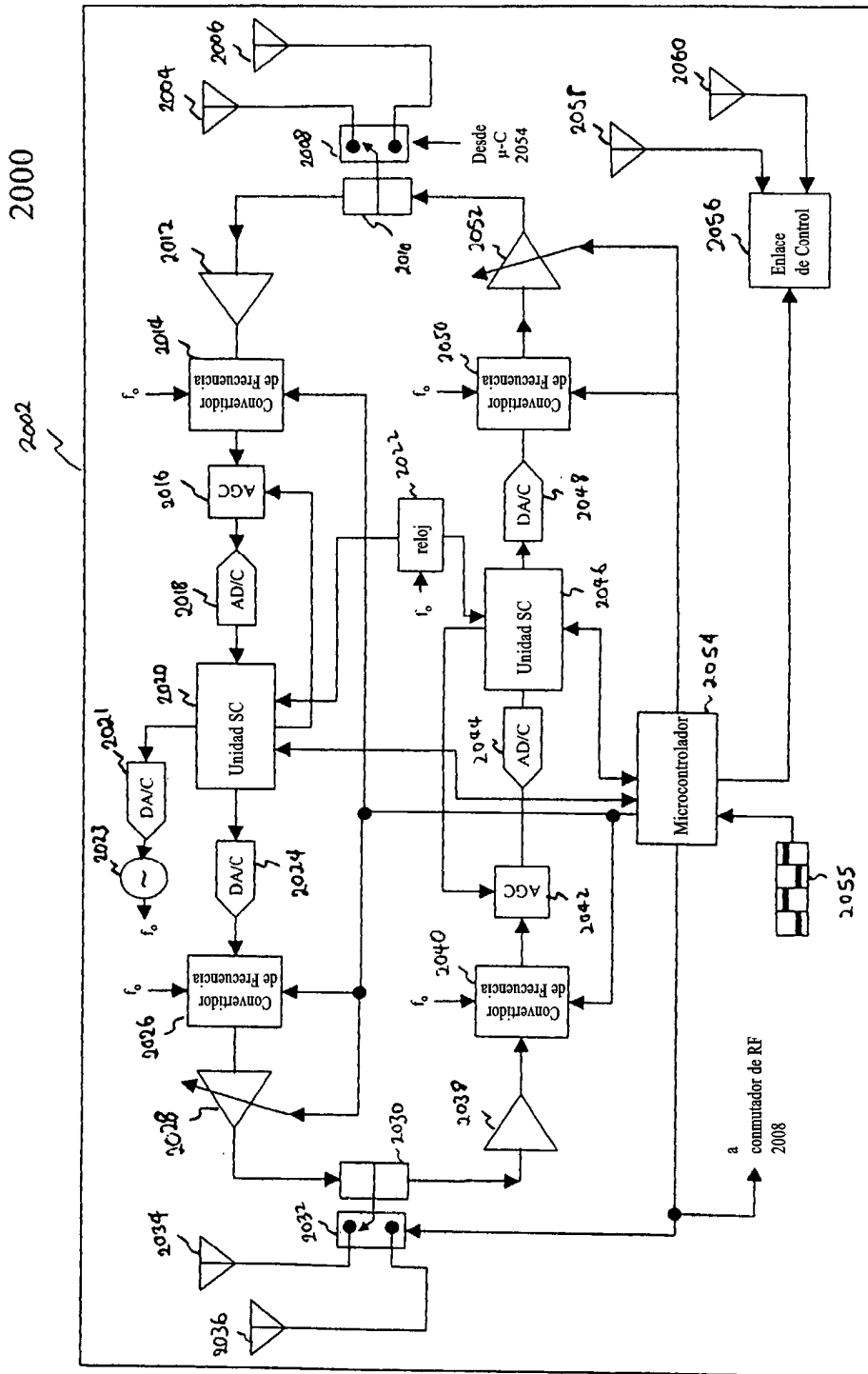


FIG. 13

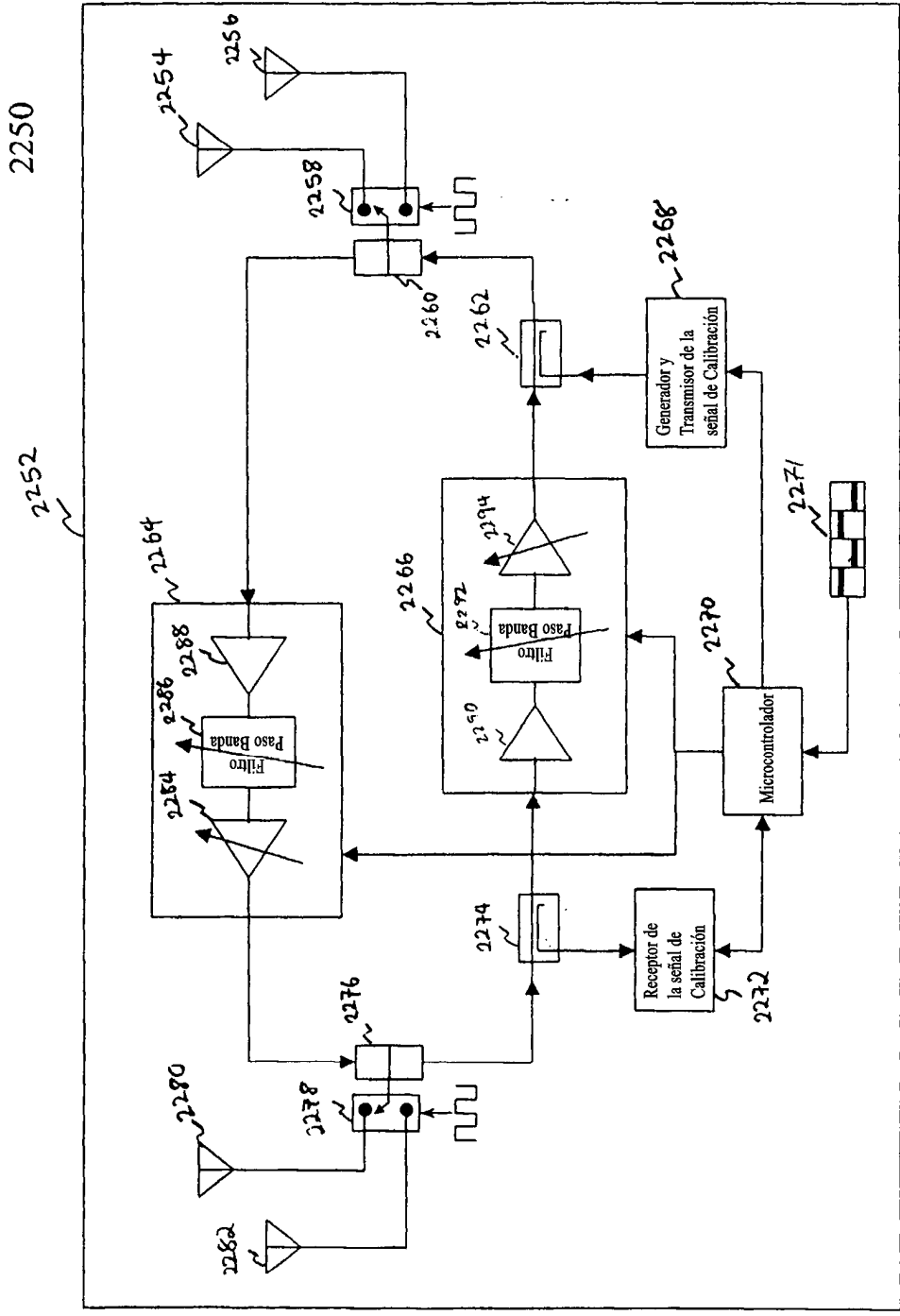


FIG. 14

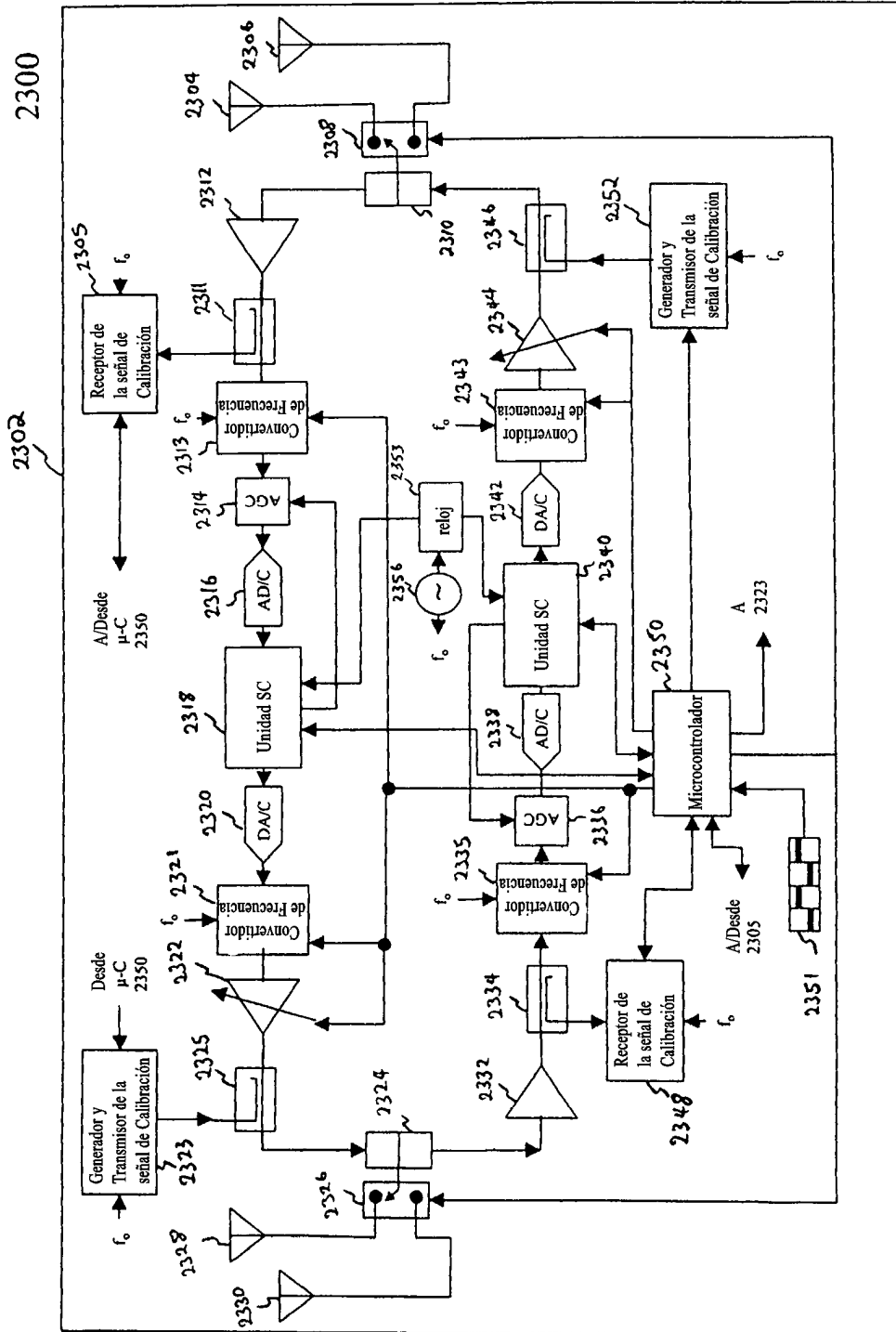


FIG. 15

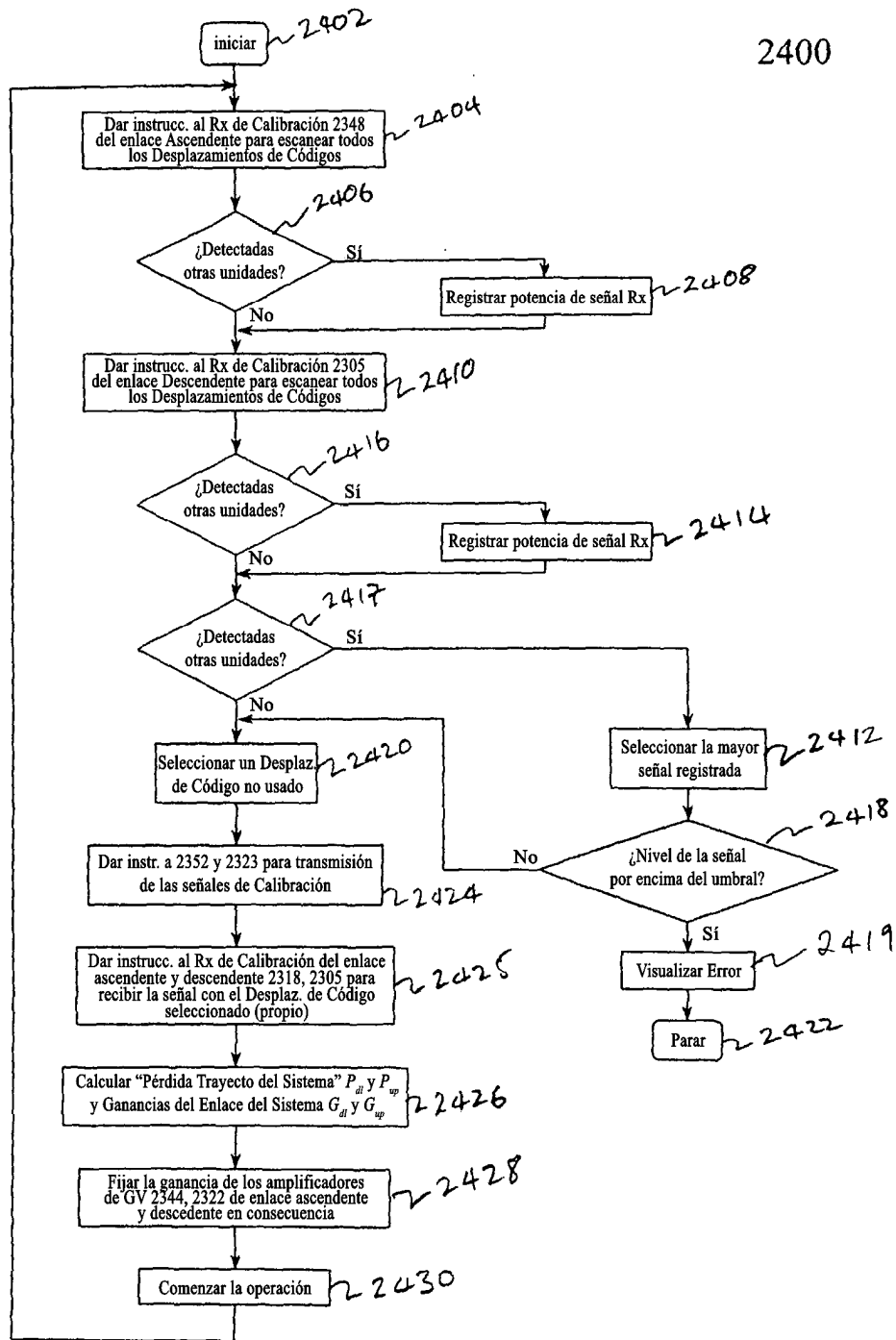


FIG. 16

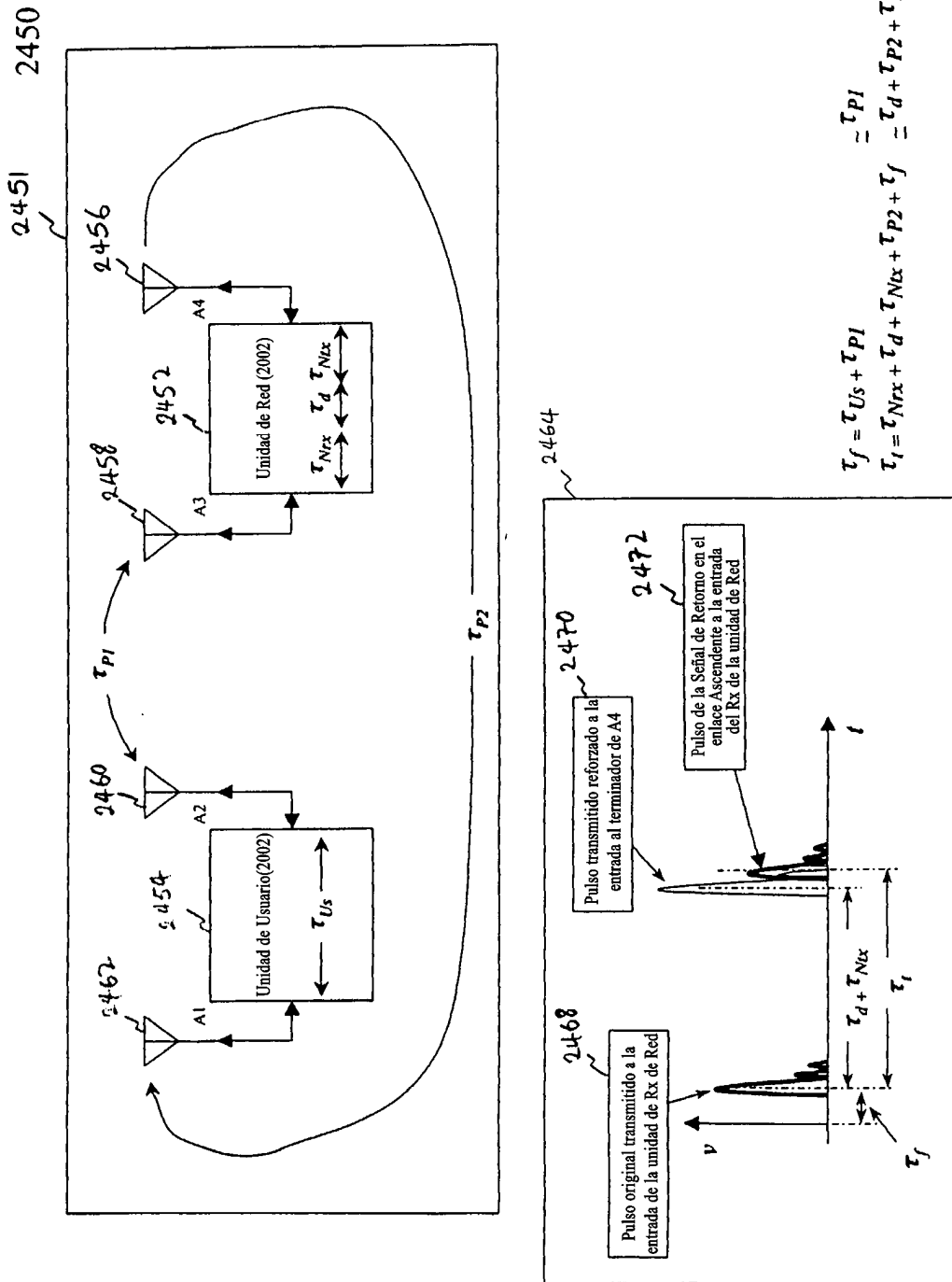


FIG. 17

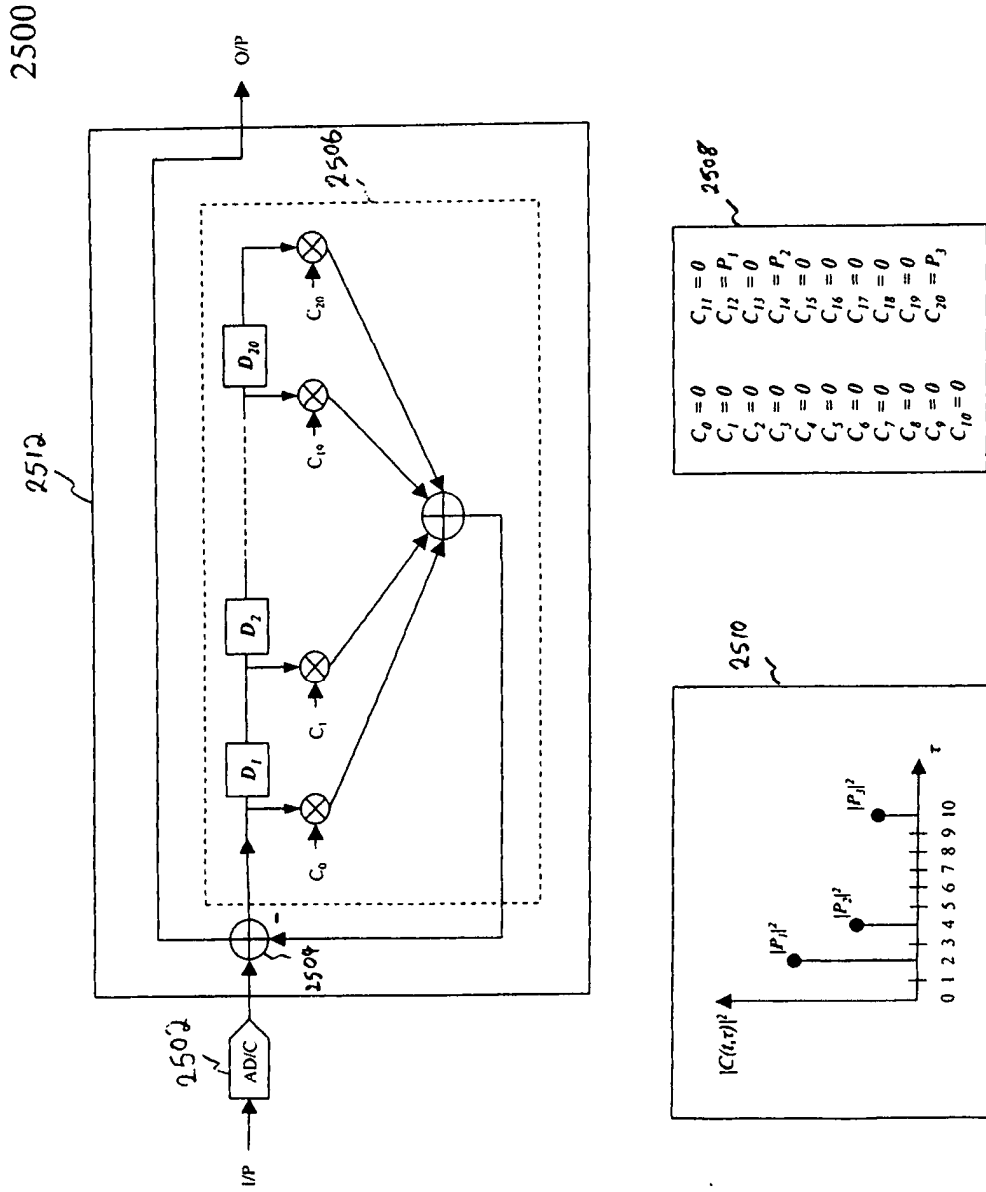


FIG. 18

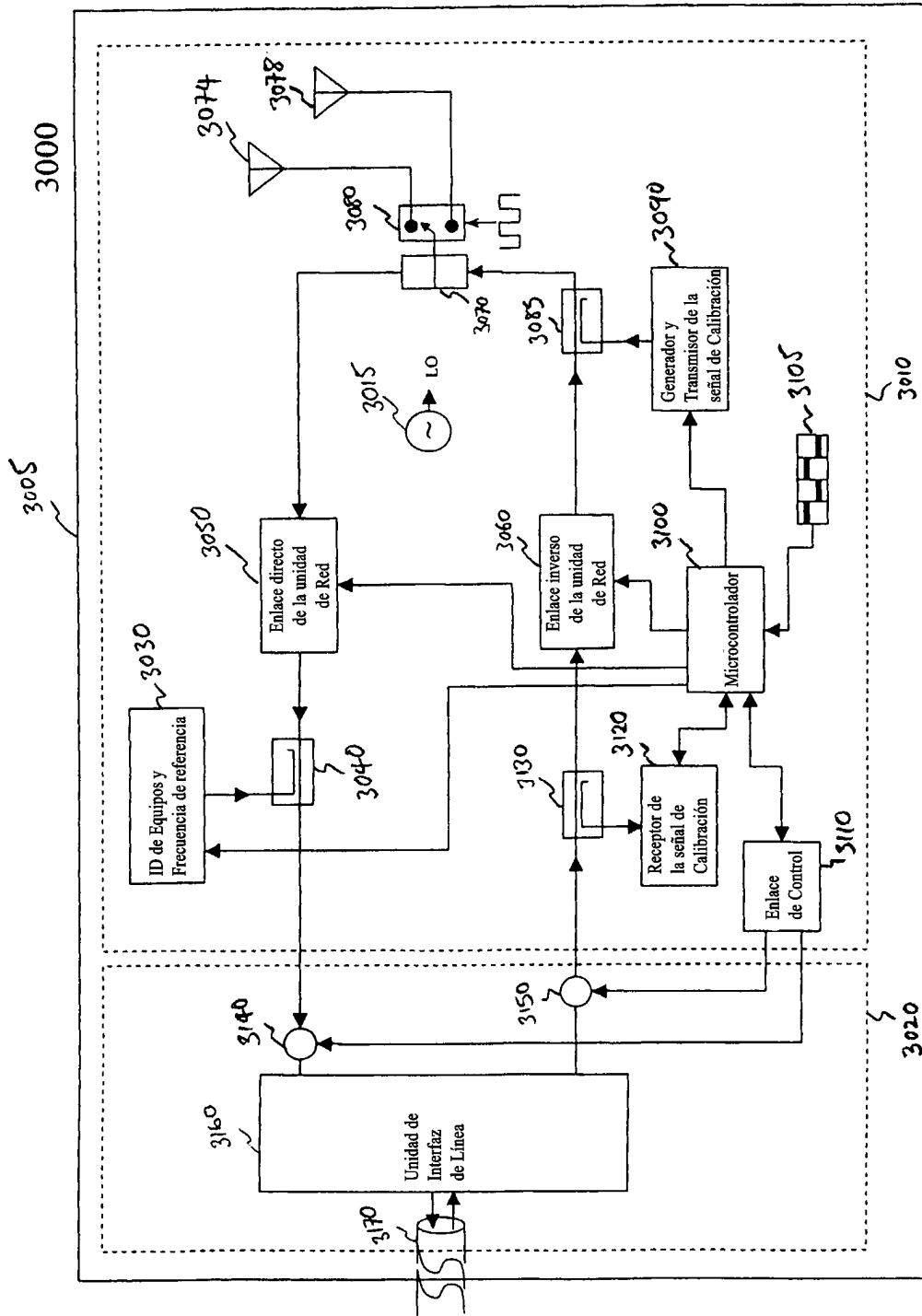


FIG. 19

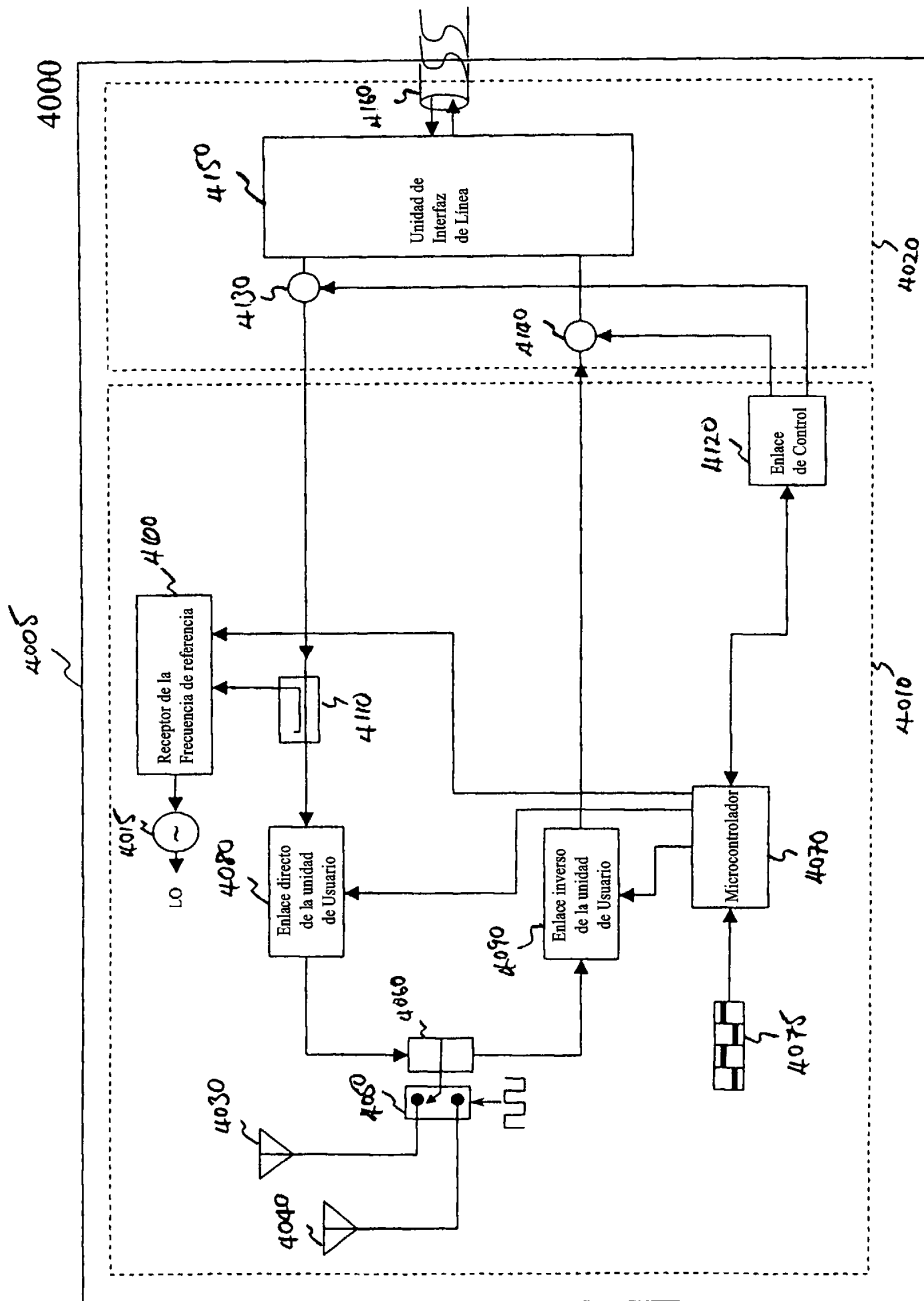


FIG. 20

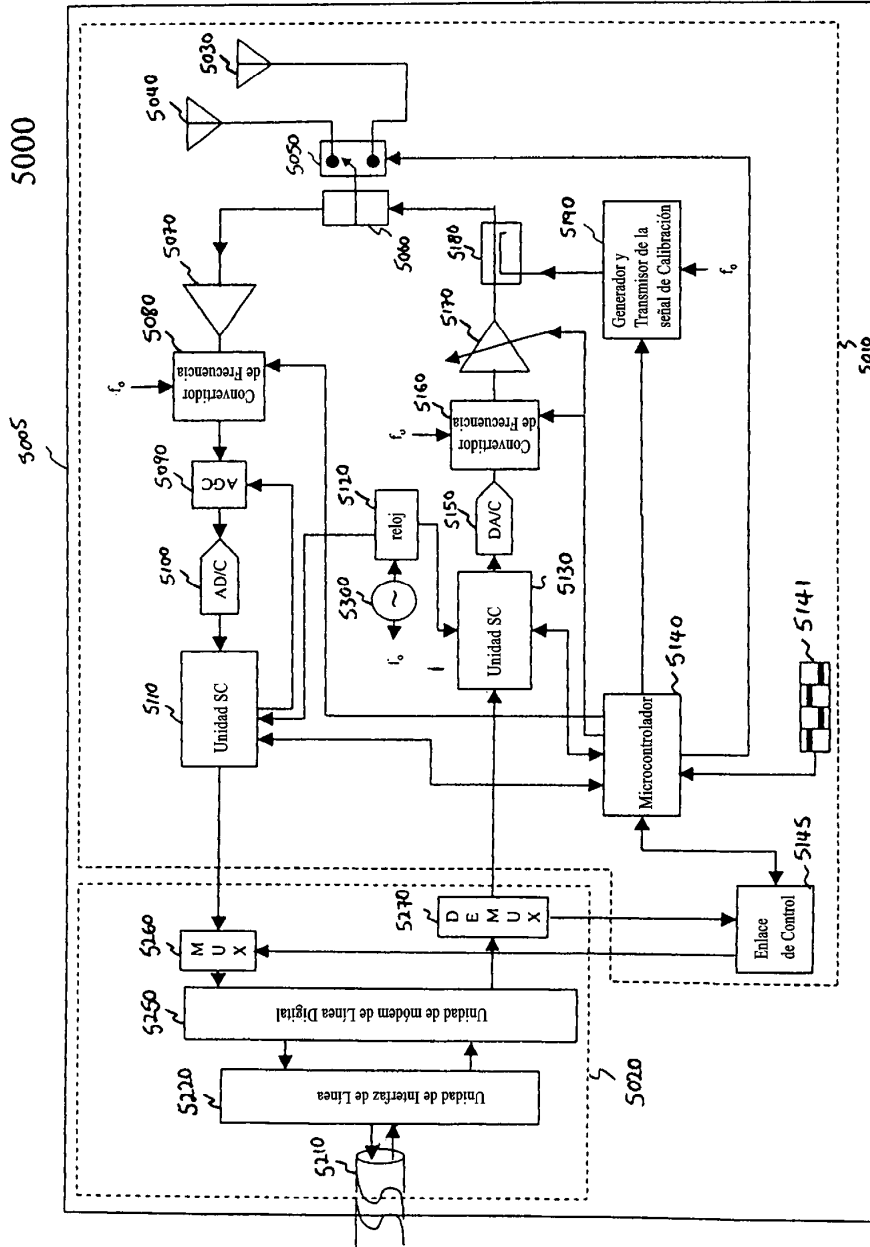


FIG. 21

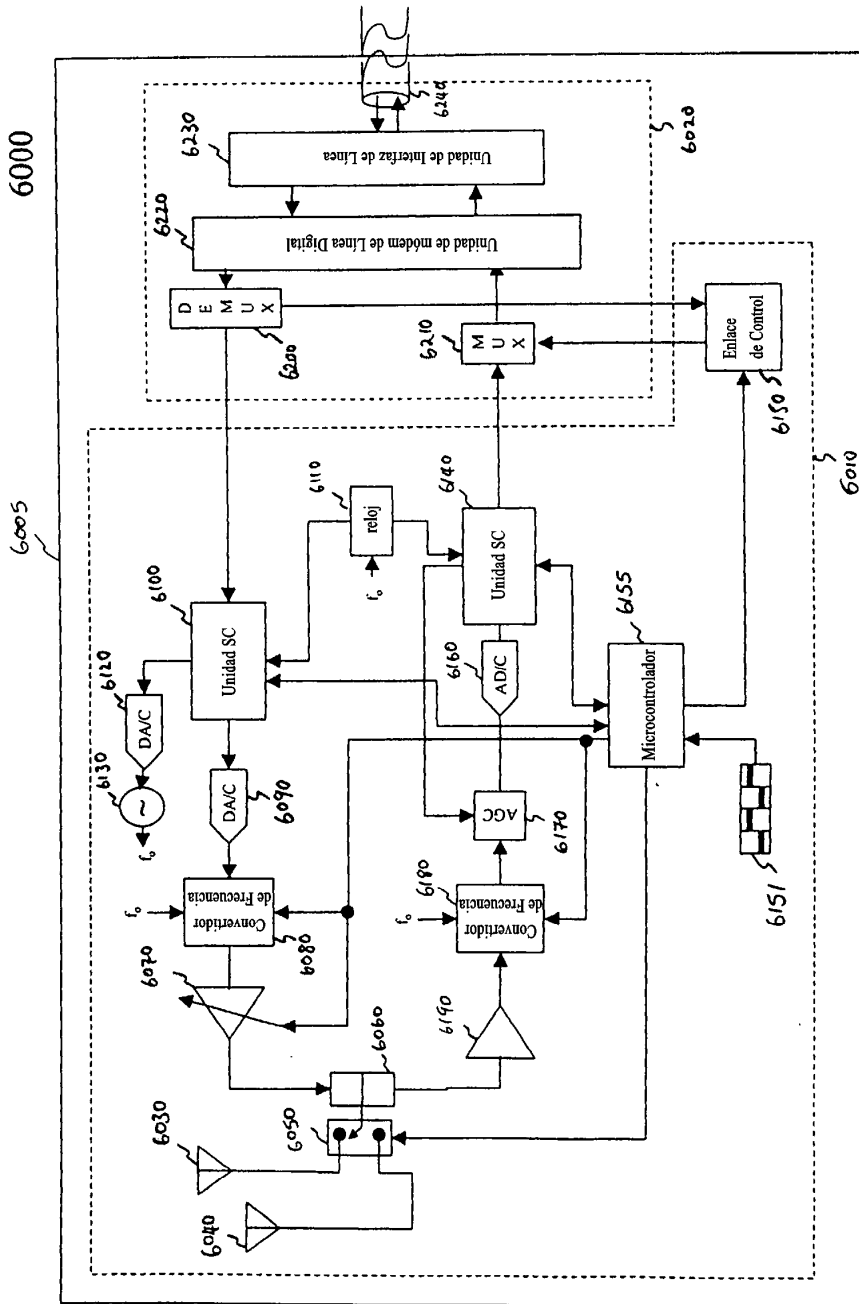


FIG. 22